

#2/PD
AD
2/27/00



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re

U.S. application of:

Hiroyuki OKADA

For:

ACTUATOR AND DRIVING
APPARATUS THEREOF

U.S. Serial No.:

Not Yet Assigned

Filed:

Concurrently

Group Art Unit:

Not Yet Determined

Examiner:

Not Yet Determined

Assistant Commissioner
For Patents
Box: Patent Application
Washington, D.C. 20231

Express Mail mailing label number
EL195375281US

Date of Deposit December 7, 1999

I hereby certify that this paper or fee is being deposited
with the United States Postal Service "Express Mail Post
Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 on the dated
indicated above and is addressed to: Box Patent Application
Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231.

Derrick T. Gordon

(Typed or printed name of person mailing paper or fee)

Derrick T. Gordon
(Signature of person mailing paper or fee)

December 7, 1999
Date of Signature

Dear Sir:


CERTIFIED COPY OF THE PRIORITY DOCUMENT

Submitted herewith is a certified copy of Japanese
Patent Application No. 10-359568, filed December 17,
1998.

Priority benefit under 35 U.S.C. § 119/365 for this Japanese patent application is claimed for the above-identified United States patent application.

Respectfully submitted,

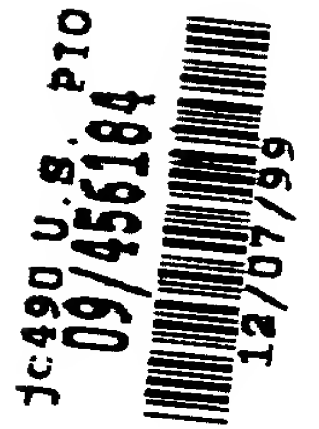
By:



James W. Williams
Registration No. 20,047
Attorney for Applicant

JWW/fis
SIDLEY & AUSTIN
717 North Harwood
Suite 3400
Dallas, Texas 75201-6507
(214) 981-3328 (direct)
(214) 981-3300 (main)
December 7, 1999

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 1 9 9 8 年 1 2 月 1 7 日

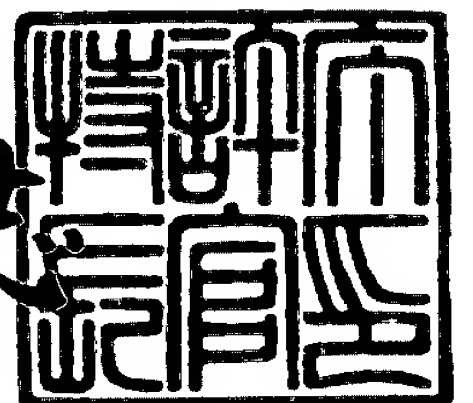
出 願 番 号
Application Number: 平成 1 0 年 特 許 願 第 3 5 9 5 6 8 号

出 願 人
Applicant (s): ミノルタ株式会社

1 9 9 9 年 8 月 2 3 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

伴 佐 山 建 志



出証番号 出証特平 1 1 - 3 0 5 9 0 9 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 24351

【提出日】 平成10年12月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H02N 2/00

【発明の名称】 圧電アクチュエータ及び圧電アクチュエータ駆動装置

【請求項の数】 10

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目 3 番 1 3 号 大阪国際ビル
 ミノルタ株式会社内

 【氏名】 岡田 浩幸

【特許出願人】

 【識別番号】 000006079

 【住所又は居所】 大阪府中央区安土町二丁目 3 番 1 3 号 大阪国際ビル

 【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100067828

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 小谷 悦司

【選任した代理人】

 【識別番号】 100075409

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 植木 久一

【選任した代理人】

 【識別番号】 100096150

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 伊藤 孝夫

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 012472

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電アクチュエータ及び圧電アクチュエータ駆動装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 分極方向に駆動電圧信号を印加してアクチュエータとしての圧電体に歪みを生じさせる駆動装置において、時間的に変化する信号を出力する波形発生回路と、前記波形発生回路の出力信号から、分極反転を起こすレベル以下の電圧信号を生成し、圧電体の分極方向に印加する第1の駆動回路と、前記波形発生回路の出力信号から、分極反転を起こすレベル以下の電圧であって第1の駆動回路と同極の電圧信号を生成し、圧電体の分極方向とは逆向きに印加する第2の駆動回路とを備えた圧電アクチュエータ駆動装置。

【請求項2】 前記第2の駆動回路は、前記第1の駆動回路の電圧信号波形に対して反転した波形を有する電圧信号を出力するものであることを特徴とする請求項1記載の圧電アクチュエータ駆動装置。

【請求項3】 前記第1の駆動回路の電圧信号波形は、正弦波であることを特徴とする請求項1又は2記載の圧電アクチュエータ駆動装置。

【請求項4】 前記第1、第2の駆動回路は、前記波形発生回路からの出力信号を増幅する増幅回路を有していることを特徴とする請求項4記載の圧電アクチュエータ駆動装置。

【請求項5】 圧電体を駆動して駆動部材を楕円運動させることにより該駆動部材に接して配された被駆動体に機械的運動を与えるトラス形の圧電アクチュエータにおいて、それぞれの先端に共通する前記駆動部材が設けられ、互いに交差する向きに配置された柱状の第1、第2の圧電体と、該第1、第2の圧電体に対応してそれぞれ設けられた請求項3又は4記載の圧電アクチュエータ駆動装置と、各圧電アクチュエータ駆動装置からの駆動電圧信号を位相をずらして前記第1、第2の圧電体に印加する第1の制御回路とを備えてなる圧電アクチュエータ。

【請求項6】 請求項1記載の圧電アクチュエータ駆動装置において、第2の制御回路を備え、前記第1、第2の駆動回路は、それぞれ勾配の異なる出力信号を出力し、前記第2の制御回路は、前記第1、第2の駆動回路を交互に動作さ

せるものであることを特徴とする圧電アクチュエータ駆動装置。

【請求項 7】 前記第 1、第 2 の駆動回路は、それぞれ前記圧電体に直列接続された充電路で構成され、前記第 1 の駆動回路は第 1 の電流値を前記圧電体を介して流し、前記第 2 の駆動回路は前記第 1 の電流値より小さい第 2 の電流値を前記圧電体を介して流すものであることを特徴とする請求項 6 記載の圧電アクチュエータ駆動装置。

【請求項 8】 前記第 1、第 2 の駆動回路はそれぞれの充電路に該充電路を接断するスイッチ回路を備え、前記第 2 の制御回路は前記スイッチ回路を交互にオンオフさせるものであることを特徴とする請求項 6 または 7 記載の圧電アクチュエータ駆動装置。

【請求項 9】 請求項 6～8 のいずれかに記載の圧電アクチュエータ駆動装置において、前記圧電体に直列接続され、前記第 1 の駆動回路と同方向から圧電体に前記第 2 の電流値を流す第 3 の駆動回路と、前記圧電体に直列接続され、前記第 2 の駆動回路と同方向から圧電体に前記第 1 の電流値を流す第 4 の駆動回路とを備え、前記第 2 の制御回路は、第 1、第 2 の駆動回路に対する動作と第 3、第 4 の駆動回路に対する動作とを切り替えて行わせるものであることを特徴とする圧電アクチュエータ駆動装置。

【請求項 10】 少なくとも圧電体を有する第 1 ユニットを該第 1 ユニットに摺動可能に配置される第 2 ユニットに対して相対的に直線移動させるインパクト形の圧電アクチュエータにおいて、前記圧電体に電流を流す請求項 6～9 のいずれかに記載の圧電アクチュエータ駆動装置とを備えてなる圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧電体に電圧を印加することによって生じる歪みを利用して被駆動体をアクチュエータとして駆動するトラス形やインパクト形の圧電アクチュエータ及びその駆動回路に関する。

【0002】

【従来の技術】

圧電素子は、分極方向に電圧を印加すると印加電圧レベルにほぼ比例して歪み（伸縮）が生じる、いわゆる逆圧電効果を発揮することが知られており、従来、かかる圧電素子を利用して被駆動体に駆動力を与えるようにした圧電アクチュエータが提案されている。圧電アクチュエータに用いられる圧電素子は一方向に分極されてなるもので、その分極方向両端面に電極を形成し、この電極間に駆動回路の出力端子を接続することによって駆動信号を印加可能に構成されている。

【0003】

この種の圧電アクチュエータとしては、圧電素子の伸縮方向一方端面に、被駆動体に接触配置された摩擦部材を当接させておき、立ち上がりの急峻なインパクト電圧信号を印加して圧電素子を急激に伸長（又は収縮）させて被駆動体と摩擦部材間で一方向に相對運動させ、次いで緩やかな立ち下がり電圧信号で収縮（伸張）させて両者を一体運動させることによって被駆動体と摩擦部材とを相對に位置変位させるようにしたインパクト形や、2個の柱状の圧電素子を交差配置するとともに先端部に共通する摺動部材を設けた構成をなし、互いに位相のずれた電圧波形を印加することで摺動部材を楕円運動させ、これにより該摺動部材に接触している被駆動体に摩擦移動を行わせるようにしたトラス形が提案されている（特公平6-36673号公報）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

この種の圧電アクチュエータは圧電素子に印加する電圧レベルを高くすることによって変位（伸縮）量を大きくすることが可能である。しかしながら、カメラの撮影レンズの位置調整として圧電アクチュエータを採用する場合のように、主に携帯機器では内蔵電池で例えばフィルム給送、撮影動作など種々の動作を行わせている関係上、電力的に余裕がなく、高電圧を用いるには限界がある。また、高電圧を採用することはDC-DCコンバータや平滑コンデンサも新たに必要となり乃至は既存のものに対してより大型化するなど駆動電圧発生回路部の構成も大きくなって、全体として小型化、低廉化の要請に沿うことが困難となる。

【0005】

また、オーディオ機器において、2台のアンプの一方の入力を反転させ、各々の出力をスピーカーコイル（電磁石部）に接続（Bridged Tied Load接続）してパワーの増大を図るものが従来知られているが、適用対象が電磁石であってオーディオ信号をただ単に反転したにすぎず、また、圧電素子のような分極との関連性はなく、かつ分極反転を考慮する必要もないものである。

【0006】

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたもので、分極反転を考慮して低電圧化を維持しながらも圧電素子の伸縮（歪み）量を倍増させ得ることを可能にして、低廉化と小型化を達成する圧電アクチュエータ及びその駆動回路を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の発明は、分極方向に駆動電圧信号を印加してアクチュエータとしての圧電体に歪みを生じさせる駆動装置において、時間的に変化する信号を出力する波形発生回路と、前記波形発生回路の出力信号から、分極反転を起こすレベル以下の電圧信号を生成し、圧電体の分極方向に印加する第1の駆動回路と、前記波形発生回路の出力信号から、分極反転を起こすレベル以下の電圧であって第1の駆動回路と同極の電圧信号を生成し、圧電体の分極方向とは逆向きに印加する第2の駆動回路とを備えたものである。

【0008】

かかる構成によれば、第1の駆動回路からの電圧信号によって圧電体の両端に該電圧信号がその分極方向に印加されて伸張（あるいは収縮）する。また、第2の駆動回路からの電圧信号によって圧電体の両端に該電圧信号がその分極方向とは逆方向に印加されて収縮（あるいは伸張）する。そして、この圧電体に生じる歪みである伸張と収縮とを利用することでアクチュエータとして機能させることが可能となる。このとき第1、第2の駆動回路から出力される電圧信号はいずれも同極であるので、分極反転電圧以下で駆動させるという制約下において、実質2倍の歪み量（伸縮量）を得ることが可能となる。また、第2の駆動回路は第1

の駆動回路からの電圧信号を利用して電圧信号を生成するようにした態様も、実質的に波形発生回路の出力信号から駆動用の電圧信号を形成したものと見ることができる。

【0009】

請求項2記載の発明は、前記第2の駆動回路は、前記第1の駆動回路の電圧信号波形に対して反転した波形を有する電圧信号を出力するものであり、これによれば、第2の駆動回路は単に第1の駆動回路に対して信号反転する構成を備えるのみで済む。あるいは、第1の駆動回路の出力信号を反転するだけの回路を有するものとしてもよい。

【0010】

請求項3記載の発明は、前記第1の駆動回路の電圧信号波形は、正弦波であってもよく、これによれば反転は、位相を180度ずらしたものと同様となり、伸張、収縮動作を交互に行わせることが可能となる。

【0011】

請求項4記載の発明は、前記第1、第2の駆動回路は、前記波形発生回路からの出力信号を増幅する増幅回路を有していることが好ましく、これによれば増幅回路を利用して第2の駆動回路からの反転出力を容易に得ることが可能となる。

【0012】

請求項5記載の発明は、本発明は、圧電体を駆動して駆動部材を楕円運動させることにより該駆動部材に接して配された被駆動体に機械的運動を与えるトラス形の圧電アクチュエータにおいて、それぞれの先端に共通する前記駆動部材が設けられ、互いに交差する向きに配置された柱状の第1、第2の圧電体と、該第1、第2の圧電体に対応してそれぞれ設けられた請求項3又は4記載の圧電アクチュエータ駆動装置と、各圧電アクチュエータ駆動装置からの駆動電圧信号を位相をずらして前記第1、第2の圧電体に印加する第1の制御回路とを備えてなるものである。

【0013】

この構成によれば、第1、第2の駆動回路からの駆動電圧信号と第3、第4の駆動回路からの駆動電圧信号との位相を少なくともずらしているため、駆動部材

に楕円運動を行わせることが可能となる。位相差は90度でもよく、あるいは90度から多少ずらしていてもよい。駆動部材の運動軌跡は、上記位相分その他、第1、第2の圧電体の交差角度も要素となる。

【0014】

請求項6記載の発明は、請求項1記載の圧電アクチュエータ駆動装置において、第2の制御回路を備え、前記第1、第2の駆動回路は、それぞれ勾配の異なる出力信号を出力し、前記第2の制御回路は、前記第1、第2の駆動回路を交互に動作させるものでもよく、これによれば、第1の駆動回路が動作されて圧電体が伸張（あるいは収縮）速度で歪み、次のタイミングには第2の駆動回路が駆動されて圧電体が上記とは異なる収縮（あるいは伸張）速度で歪むことになり、異なる速度でもって伸張と収縮動作とが交互に行われることになる。しかも、この伸張と収縮とは同極性の信号で行われながら、実質2倍の歪みを得ることが可能となる。

【0015】

請求項7記載の発明は、前記第1、第2の駆動回路は、それぞれ前記圧電体に直列接続された充電路で構成され、前記第1の駆動回路は第1の電流値を前記圧電体を介して流し、前記第2の駆動回路は前記第1の電流値より小さい第2の電流値を前記圧電体を介して流すものであり、これによれば、圧電体の容量成分を利用して、第1の駆動回路が動作するときは第1の電流で充電されて両端電圧が所定の勾配で上昇して伸張（あるいは収縮）動作を行い、次に第2の駆動回路が動作する時はより小さな第2の電流で放電を行うので、圧電体の両端電圧がより緩やかな勾配で降下して収縮（あるいは伸張）することとなり、このようにして伸張速度と収縮速度とを異ならせることによって、インパクト形圧電アクチュエータへの適用が可能となる。

【0016】

請求項8記載の発明は、前記第1、第2の駆動回路はそれぞれの充電路に該充電路を接断するスイッチ回路を備え、前記第2の制御回路は前記スイッチ回路を交互にオンオフさせるものであり、これによればスイッチ回路だけで充電、放電動作が制御できるので、回路構成が容易となる。

【0017】

請求項9記載の発明は、請求項6～8のいずれかに記載の圧電アクチュエータ駆動装置において、前記圧電体に直列接続され、前記第1の駆動回路と同方向から圧電体に前記第2の電流値を流す第3の駆動回路と、前記圧電体に直列接続され、前記第2の駆動回路と同方向から圧電体に前記第1の電流値を流す第4の駆動回路とを備え、前記第2の制御回路は、第1、第2の駆動回路に対する動作と第3、第4の駆動回路に対する動作とを切り替えて行わせるものである。

【0018】

この構成によれば、第1の駆動回路が動作されて圧電体がある伸張（あるいは収縮）速度で歪み、次のタイミングには第2の駆動回路が駆動されて圧電体が上記より遅い収縮（あるいは伸張）速度で歪むことになり、異なる速度での伸張と収縮動作とが交互に行われることになる。一方、第3の駆動回路が動作されて圧電体がある伸張（あるいは収縮）速度で歪み、次のタイミングには第4の駆動回路が駆動されて圧電体が上記より早い収縮（あるいは伸張）速度で歪むことになり、これによりインパクト形圧電アクチュエータに適用すると、正逆方向の相対移動が実現される。

【0019】

請求項10記載の発明は、少なくとも圧電体を有する第1ユニットを該第1ユニットに摺動可能に配置される第2ユニットに対して相対的に直線移動させるインパクト形の圧電アクチュエータにおいて、前記圧電体に電流を流す請求項6～9のいずれかに記載の圧電アクチュエータ駆動装置とを備えてなるものである。

【0020】

この構成によれば、第1、第2の駆動回路、また第3、第4の駆動回路から出力される電圧信号はいずれも同極であるので、分極反転電圧以下で駆動させるという制約下にあって、実質2倍の歪み量（伸縮量）を得ることが可能となり、しかも伸張速度と収縮速度を異にしている分、相対移動量も大きくすることが可能となる。

【0021】

【発明の実施の形態】

本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置は、トラス形とインパクト形の双方に適用可能であり、以下、両者における各実施形態（第1～第2実施形態はトラス型、第3実施形態以降はインパクト形）について説明する。

【0022】

図1～図4は本発明に係る圧電アクチュエータの第1実施形態を示し、図1はトラス形の圧電アクチュエータの概略構造図、図2～図4はトラス形圧電アクチュエータ駆動装置を説明する図で、図2はブロック図、図3は回路図、図4は電圧波形図である。

【0023】

図1において、静止側のベース部材10は図示しない静止側の装置枠体等に固設されており、一部分に90度の対向面101、102が形成されている。圧電体11、12は直方体状であってほぼ同一形状を有しており、ベース部材10の対向面101、102に立設されている。従って、圧電体11、12は、本実施形態では好ましい態様である互いに直角に交差するように配設されている。また、両圧電体11、12の先端面には共通する1個の摺動部材13が固定されている。摺動部材13は例えば内角90度の扇状をなすと共に所要厚を有するもので、所要の摩擦係数を有して表面処理された円弧面部131が外方に向けられている。摺動部材13の円弧面部131には被駆動体SLが所要の押圧状態で接触するように配設され、図略の支持部材によって図中の矢印方向に移動可能に支持されている。

【0024】

圧電体11、12は所要厚を有する圧電素子を複数枚積層して構成されてなるもので、各圧電素子間に薄層の電極を介在させた状態で接着形成された積層型圧電素子を採用している。そして、各電極には交互に正負の信号線が接続されるように配線されており、従って、各圧電素子は分極方向が交互に逆になる向きにして積層してあり、これにより同一の駆動信号が各圧電素子に並列に印加されても、伸縮動作が一致して生じるようにしてある。

【0025】

図2において、圧電体11には駆動装置16が接続され、圧電体12には駆動装置17が接続されている。駆動装置16は、波形発生回路161、駆動回路（第1の駆動回路）162を備えるとともに、反転回路163及び駆動回路164からなる第2の駆動回路を備える。そして、駆動回路162出力端が圧電体11の一方の電極に接続され、駆動回路164の出力端が圧電体の他方の電極に接続されている。なお、駆動装置17の構成は駆動装置16と同一なので説明は省略する。但し、後述するように波形発生回路161、171から出力される両信号の位相は異なる。

【0026】

図3は駆動装置16の回路図で、駆動回路162はオペアンプOP11、抵抗R11、R12及び定電圧源B11から構成され、反転回路163及び駆動回路164はオペアンプOP12、抵抗R13、14及び定電圧源B12から構成されている。なお、第1実施形態では、オペアンプOP11、12は従来とほぼ同レベルである5V（ボルト）の定電圧源に接続され、また、定電圧源B11は0.5V、定電圧源B12は1.83Vに設定されたものである。

【0027】

オペアンプOP11の非反転入力端子は波形発生回路161の出力端に接続され、反転入力端子は抵抗R12を介して定電圧源B11に接続されているとともに、出力端子との間で帰還用の抵抗R11に接続されている。そして、出力端子は圧電体11の一方の電極に接続されている。従って、オペアンプOP11の増幅度は $(1 + R11/R12)$ の関係より2倍となり、かつ入出力は同相である。

【0028】

オペアンプOP12の非反転入力端子は定電圧源B11に接続され、反転入力端子は抵抗R14を介して波形発生回路161の出力端に接続されるとともに、出力端子との間で帰還用の抵抗R13に接続されている。そして、出力端子は圧電体11の他方の電極に接続されている。従って、オペアンプOP12の増幅度は $-R13/R14$ の関係より2倍となり、かつ入出力は反転（周期性信号の場合

合、例えば正弦波の場合には逆相となる) する。

【0029】

以下、第1実施形態の動作について、図4の波形図を参照しながら説明する。
波形発生回路161は、図4の信号Aに示すように動作安定性を考慮して設定された0.5V～2.5Vの範囲の正弦波を出力する。

【0030】

オペアンプOP11は、信号Bに示すように波形発生回路161からの正弦波入力信号を増幅して、0.5V～4.5Vの正弦波信号を入力信号と同相で出力する。オペアンプOP12は、信号Cに示すように波形発生回路161からの正弦波入力波形を増幅して、0.5V～4.5Vの正弦波信号(波形Bと同極性)を入力信号とは逆相で出力する。

【0031】

圧電体11はオペアンプOP11からの駆動信号Bが分極方向と一致する向きで印加される一方、オペアンプOP12からの駆動信号Cが分極方向と逆となる向きで印加されることとなる。従って、圧電体11はオペアンプOP11からの駆動信号Bにより伸長する方向に歪み、他方、オペアンプOP12からの駆動信号Cにより収縮する方向に歪むため、圧電体11における伸縮動作を基準にすると、図4に示す駆動信号Dが実質的に印加されたと同様となる。このように、同極性の4V(=0.5V～4.5V)分の信号を圧電体11の分極方向に対して互いに異なる向きに印加することで、伸縮量を印加電圧8V(=-4V～+4V)で駆動させた場合と同レベルにすることができる。

【0032】

しかも、圧電体11, 12に印加される電圧レベルは分極方向に対して-4V～+4Vであり、この電圧レベル範囲は圧電体11, 12の分極反転レベル以下であるので問題はない。すなわち、図7は印加電圧と変位量との関係を示す圧電素子の特性曲線で、本発明に適用される圧電素子はプラス20V及びマイナス20Vでそれぞれ分極反転を生じるような既知の材料が採用されている。圧電素子の電極間に予め20V以上のある電圧を印加して所定方向への分極処理を施し、かかる分極処理された圧電素子を分極方向が交互に逆向きになるようにして積層

するとともに正負電極を交互にして接着して積層型の圧電体 11, 12 が製作されている。そして、駆動電圧としては、分極方向からみて少なくとも分極反転電圧 -20 V 、 $+20\text{ V}$ に比して充分低い電圧レベルである $-4\text{ V} \sim +4\text{ V}$ で駆動電圧を印加するようにしている。したがって、予め施された分極処理が $+20\text{ V}$ で行われた場合、圧電体 11, 12 は電圧が $0\text{ V} \sim +4\text{ V}$ に向けて大きくなる（図中、特性曲線 C1 の矢印の逆方向）に応じて伸張量は変位基準点 O に向けて大きくなり、逆に、電圧が特性曲線 C1 の矢印に沿って $0\text{ V} \sim -4\text{ V}$ に向けて大きくなるに応じて収縮量は変位基準点 O から大きくなるように変化する。また、予め施された分極処理が -20 V で行われた場合には、電圧が $0\text{ V} \sim -4\text{ V}$ に向けて大きくなる（図中、特性曲線 C2 の矢印の逆方向）に応じて伸張量は変位基準点 O に向けて大きくなり、さらに電圧が特性曲線 C2 の矢印に沿って $0\text{ V} \sim +4\text{ V}$ に向けて大きくなるに応じて収縮量は変位基準点 O から大きくなるように変化する。

【0033】

なお、圧電体 12 には図 4 に示す駆動信号 D に対して 90 度位相をずらした（進相あるいは遅相させて）駆動信号が印加されるように、波形発生回路 171 から信号が出力されるようになっており、これにより摺動部材 13 が正転あるいは逆転方向に楕円運動を行うため、該摺動部材 13 に押圧状態にある被駆動部材 SL を矢印で示す方向にスライドさせる。なお、被駆動部材 SL を逆方向にスライドさせる場合には、波形発生回路 161, 171 の位相関係を逆転させて出力するようにすればよい。なお、位相ずれは 90 度に限定されず、好ましくは 90 度に設定されておれば足り、摺動部材 13 の回転は円を含む楕円運動を行えば足りるものである。

【0034】

図 5、6 は本発明に係る圧電アクチュエータの第 2 実施形態を示し、図 5 は回路図、図 6 は電圧波形図である。なお、圧電アクチュエータの全体構成図及びブロック図（具体的な値は除く）は第 1 実施形態の図 1、図 2 と同様である。

【0035】

図 5 は駆動装置 26 の回路図で、駆動回路 262 はオペアンプ OP21、抵抗

R 2 1, R 2 2 及び定電圧源 B 2 1 から構成され、反転回路 2 6 3 及び駆動回路 2 6 4 はオペアンプ O P 2 2、抵抗 R 2 3, 2 4 及び定電圧源 B 2 2 から構成されている。なお、第 2 実施形態では、オペアンプ O P 2 1, 2 2 は従来とほぼ同レベルである 5 V (ボルト) の定電圧源に接続され、また、定電圧源 B 2 1 は 1 . 8 3 V、定電圧源 B 2 2 は 1 . 3 V に設定されたものである。

【 0 0 3 6 】

オペアンプ O P 2 1 の非反転入力端子は波形発生回路 2 6 1 の出力端に接続され、反転入力端子は抵抗 R 2 2 を介して定電圧源 B 2 1 に接続されているとともに、出力端子との間で帰還用の抵抗 R 2 1 に接続されている。そして、出力端子は圧電体 2 1 の一方の電極に接続されている。従って、オペアンプ O P 2 1 の増幅度は $(1 + R 2 1 / R 2 2)$ の関係より 4 倍となり、かつ入出力は同相である。

【 0 0 3 7 】

オペアンプ O P 2 2 の非反転入力端子は定電圧源 B 2 1 に接続され、反転入力端子は抵抗 R 2 4 を介して波形発生回路 2 6 1 の出力端に接続されるとともに、出力端子との間で帰還用の抵抗 R 2 3 に接続されている。そして、出力端子は圧電体 2 1 の他方の電極に接続されている。従って、オペアンプ O P 2 2 の増幅度は $-R 2 3 / R 2 4$ の関係より 4 倍となり、かつ入出力は反転（周期性信号の場合、例えば正弦波の場合には逆相となる）する。

【 0 0 3 8 】

以下、第 2 実施形態の動作について、図 6 の波形図を参照しながら説明する。

【 0 0 3 9 】

波形発生回路 2 6 1 から 0 . 5 V ~ 2 . 5 V の正弦波の信号 A がオペアンプ O P 2 1 に入力される。オペアンプ O P 2 1 の出力端子からは、信号 B に示すように電圧 0 . 5 V ~ 4 . 5 V の半波整流された正弦波であって信号 A と同相の駆動信号が出力される。また、波形発生回路 2 6 1 からの信号 A がオペアンプ O P 2 2 に入力されると、その出力端子から信号 C に示すように電圧 0 . 5 V ~ 4 . 5 V の半波整流された正弦波であって信号 A と逆相の駆動信号が出力される。

【0040】

すなわち、第2実施形態では、オペアンプOP21, 22の増幅度を4倍にし、かつ駆動信号B, Cを互いに逆相とする一方、定電圧源B21, B22の電圧を調整設定したことで、正極の電圧の出力期間（回路の安定性のため、実際には0.5V以上の出力期間）のみ出力が得られるようにしている。従って、圧電体21の電極間には、駆動信号Dに示すように分極方向を基準して従来の2倍の駆動電圧が実質的に印加されたこととなる。

【0041】

図8～図14は本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第3実施形態を示す。図8、図9はインパクト型の圧電アクチュエータの第1構造例を示す図で、図8は全体斜視図、図9は縦断面図であり、図10、図11はインパクト型の圧電アクチュエータの第2構造例を示す図で、図10は全体斜視図、図11はa矢視図である。

【0042】

図8、図9において、円柱状の静止部材30a（第1ユニット）は軸方向の両端部及びほぼ中央の仕切壁部301aを残して内部が削り貫かれ、第1、第2収容空間302a, 303aが形成されている。第1収容空間302aには圧電体31aが積層方向を軸方向に一致させて基端部で静止部材30aに固設され、第2収容空間303aには摺動軸32a及び該摺動軸32aに外嵌されたスライダ33a（第2ユニット）が配設されている。摺動軸32aは仕切壁部301a及び第2収容空間303aの先端壁の軸中心位置に穿設された各孔に貫通され、一端は圧電体31aに当接し、他端は静止部材30aの先端から外方にわずかに突出して軸方向に移動可能に支持されている。

【0043】

スライダ33aは、図9に示すように両側に耳部331aを有する基部330aと、この耳部331aの間に嵌合される挟み込み部材332aとを備え、基部330aと挟み込み部材332aの対向面には共に半割れ状に穿設された半円状溝によって、摺動軸32aを遊嵌状態で貫通させる、例えば断面円形の孔333aが形成されている。静止部材30aの第2収容空間303aの先端壁外面には

弾性材等の板ばね 304a (図 8) が固設され、摺動軸 32a を所要のばね圧で圧電体 31a 側に付勢している。また、挟み込み部材 332a の上部には突起 334a が形成されると共に基部 330a の両耳部 331a 間に板ばね 335a が張設固定されており、これにより挟み込み部材 332a が基部 331a に所要圧で付勢され、孔 333a と摺動軸 32a とがインパクト摺動に際して好適な接触摩擦力で接触するようにしている。

【0044】

図 10、図 11 において、図 10 は駆動ユニット 30b (第 1 のユニット) を静止部材 34b (第 2 のユニット) から外した状態を示している。静止部材 34b は平板状の基台 341b と該基台 341b 上に所定間隔を置いて突設された互いに平行な長尺の案内部材 351b、352b とから構成されている。案内部材 352b は案内部材 351b との対向面に断面くの字状乃至は円弧状の凹溝が形成され、駆動ユニット 30b の上方への受け止めを兼ねている。

【0045】

駆動ユニット 30b は圧電体 31b、該圧電体 31b を支持するフレーム 32b 及びスライダ 33b を備えている。フレーム 32b は柱状体をなし、長尺方向の中央部分に仕切壁部 321b を介して第 1、第 2 収納空間 322b、323b が形成されている。第 1 収容空間 322b には圧電体 31b が積層方向を長尺方向に一致させて基端部でフレーム 32b に固設されており、第 2 収容空間 323b には支持軸を有するとともに、案内部材 351b、352b 間の寸法に一致した直径を有する円柱形状のスライダ 33b が配設されている。スライダ 33b の軸は仕切壁部 321b 及び第 2 収容空間 323b の先端壁の軸中心位置に穿設された各孔に貫通され、一端は圧電体 31b に当接し、他端は図略の付勢部材等を用いて該スライダ 33b を圧電体 31b 側に所要圧で付勢している。

【0046】

図 12 はブロック図、図 13 は回路図、図 14 は電圧波形図である。

【0047】

図 12 において、圧電体 31a (31b) には駆動装置 36 が接続されている。駆動装置 36 は、波形発生回路 361、駆動回路 (第 1 の駆動回路) 362 を

備えるとともに、反転回路 363 及び駆動回路 364 からなる第 2 の駆動回路を備える。そして、駆動回路 362 出力端が圧電体 31a (31b) の一方の電極に接続され、駆動回路 364 の出力端が圧電体 31a (31b) の他方の電極に接続されている。

【0048】

図 13 は駆動装置 36 の回路図で、駆動回路 362 はオペアンプ OP31、抵抗 R31, R32 及び定電圧源 B31 から構成され、反転回路 363 及び駆動回路 364 はオペアンプ OP32、抵抗 R33, R34 及び定電圧源 B32 から構成されている。オペアンプ OP31, 32 は従来とほぼ同レベルである 5V (ボルト) の定電圧源に接続され、また、第 1 実施形態と同様に定電圧源 B31 は 0.5V、定電圧源 B32 は 1.83V に設定されている。

【0049】

波形発生回路 361 は第 1、第 2 実施形態における正弦波波形に代えて、図 14 の信号 A に示すように立ち上がりと立ち下がり勾配の異なる鋸歯状波（三角波、台形波等も含む）を発生するものである。

【0050】

オペアンプ OP31 の非反転入力端子は波形発生回路 361 の出力端に接続され、反転入力端子は抵抗 R32 を介して定電圧源 B31 に接続されているとともに、出力端子との間で帰還用の抵抗 R31 に接続されている。そして、出力端子は圧電体 31a (31b) の一方の電極に接続されている。従って、オペアンプ OP31 の増幅度は $(1 + R31 / R32)$ の関係より 2 倍となり、かつ入出力は同相である。

【0051】

オペアンプ OP32 の非反転入力端子は定電圧源 B31 に接続され、反転入力端子は抵抗 R34 を介して波形発生回路 361 の出力端に接続されるとともに、出力端子との間で帰還用の抵抗 R33 に接続されている。そして、出力端子は圧電体 31a (31b) の他方の電極に接続されている。従って、オペアンプ OP32 の増幅度は $-R33 / R34$ の関係より 2 倍となり、かつ入出力は反転波形となる。

【0052】

以下、第3実施形態の動作について、図14の波形図を参照しながら説明する。

【0053】

波形発生回路361から0.5V～2.5Vの鋸歯状波である信号AがオペアンプOP31に入力される。オペアンプOP31の出力端子からは、信号Bに示すように電圧0.5V～4.5Vの鋸歯状波であって信号Aと同相の駆動信号が出力される。また、波形発生回路361からの信号AがオペアンプOP32に入力されると、その出力端子から信号Cに示すように電圧0.5V～4.5Vの鋸歯状波であって信号Aを反転した波形の駆動信号が出力される。従って、圧電体21の電極間には、駆動信号Dに示すように分極方向を基準して従来の2倍の駆動電圧が実質的に印加されたこととなる。

【0054】

鋸歯状波からなる駆動信号Dによる圧電アクチュエータの駆動動作を具体的に説明する。

【0055】

まず、図8、図9に示す第1構造例の圧電アクチュエータの場合について説明すると、駆動信号Dの $t_1 \sim t_2$ 期間の（分極方向を基準とした） -4V から $+4\text{V}$ までの緩やかな立ち上がり時には、圧電体31aが伸張して摺動軸32aが板ばね304aの付勢力に抗して緩やかに矢印a方向に移動する。この時、移動速度が小さいため、摺動軸32aとスライダ33aとの接触面の摩擦力によって、スライダ33aが摺動軸32aと共に矢印a方向に移動する。そして、 t_2 時点に達すると、 t_3 時点まで電圧が $+4\text{V}$ に維持されるため、その位置でこの間静止する。次いで、 t_3 時点に達すると、 t_4 時点まで $+4\text{V}$ から -4V に向けて電圧が急激に立ち下がる。この電圧の立ち下がりを受けて圧電体31aが急激に収縮し、このとき摺動軸32bが矢印a方向とは逆方向に急速に移動する。スライダ33aは摺動軸32aの急速な移動により両者間の摩擦力に比して慣性力が打ち勝って、静止位置に止まることとなる。

【0056】

従って、スライダ 33a は駆動信号 D の一周期間に矢印 a 方向に所定長だけ移動したこととなる。そして、駆動信号 D が周期的に印加されることで、スライダ 33a が矢印 a 方向に連続的（詳細には間欠的）に移動させられる。なお、スライダ 33a を逆方向に移動させる場合には、立ち上がりと立ち下がり勾配が逆転した鋸歯状波を駆動信号として波形発生回路 361 から出力するようにすればよい。

【0057】

なお、上記の説明では、動作原理をわかりやすくするために、摺動軸が緩やかに移動した場合はスライダとの間にはすべりが生じず、急速に移動した場合にすべりが生じる場合を説明したが、摺動軸とスライダとの接触面の摩擦力の大きさによっては摺動軸を緩やかに移動させた場合でも摺動軸とスライダ間に滑りが生じる。しかし、この場合でも、摺動軸の移動方向によって移動速度に差があるために摺動軸がスライダに及ぼす力が異なるため、前述の説明と同様にスライダは移動する（特開平 7-298656 号公報参照）。

【0058】

次に、図 10、図 11 に示す第 2 構造例の圧電アクチュエータの場合について説明すると、駆動信号 D の $t_1 \sim t_2$ 期間の（分極方向を基準とした） $-4V$ から $+4V$ までの緩やかな立ち上がり時には、圧電体 31b が伸張してスライダ 33b が緩やかに矢印 a と逆方向に移動しようとする。この時、移動速度が小さいため、スライダ 33b と案内部材 351b、352b との接触面は静止摩擦力を越えないためスライダ 33b は案内部材 351b、352b に対して移動せず、相対的に駆動ユニット 30b が矢印 a 方向に移動する。そして、 t_2 時点に達すると、 t_3 時点まで電圧が $+4V$ に維持されるため、その位置でこの間静止する。次いで、 t_3 時点に達すると、 t_4 時点まで $+4V$ から $-4V$ に向けて電圧が急激に立ち下がる。この電圧の立ち下がりを受けて圧電体 31b が急激に収縮し、このときスライダ 33b が矢印 a 方向に急速に移動しようとする。スライダ 33b は急速な移動により案内部材 351b、352b 間の動摩擦力が低下して元の位置に復帰する。

【0059】

従って、圧電ユニット 30b は駆動信号 D の一周期間に矢印 a 方向に所定長だけ移動したこととなる。そして、駆動信号 D が周期的に印加されることで、圧電ユニット 30b が連続的に矢印 a 方向に移動させられる。

【0060】

図 15、図 16 は本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 4 実施形態を示し、図 15 は回路図、図 16 は電圧波形図である。なお、第 4 実施形態は図 8～図 11 に示すインパクト型の圧電アクチュエータの第 1 構造例及び第 2 構造例に適用される駆動回路で、ブロック図は図 12 と同様である。

【0061】

図 15 に示す駆動装置 46 において、オペアンプ OP41、抵抗 R41、R42 及び定電圧源 B41 から第 1 の駆動回路が構成され、オペアンプ OP42、抵抗 R43、R44 及び定電圧源 B42 から反転回路及び第 2 の駆動回路が構成されている。なお、第 4 実施形態では、オペアンプ OP41、OP42 は従来とほぼ同レベルである 5V（ボルト）の定電圧源に接続され、また、定電圧源 B41 は 1.83V、定電圧源 B42 は 1.3V に設定されたものである。

【0062】

オペアンプ OP41 の非反転入力端子は波形発生回路 461 の出力端に接続され、反転入力端子は抵抗 R42 を介して定電圧源 B41 に接続されているとともに、出力端子との間で帰還用の抵抗 R41 に接続されている。そして、出力端子は圧電体 31a（31b）の一方の電極に接続されている。従って、オペアンプ OP41 の増幅度は $(1 + R41 / R42)$ の関係より 4 倍となり、かつ入出力は同相である。

【0063】

オペアンプ OP42 の非反転入力端子は定電圧源 B41 に接続され、反転入力端子は抵抗 R44 を介して波形発生回路 461 の出力端に接続されるとともに、出力端子との間で帰還用の抵抗 R43 に接続されている。そして、出力端子は圧電体 31a（31b）の他方の電極に接続されている。従って、オペアンプ OP42 の増幅度は $-R43 / R44$ の関係より 4 倍となり、かつ入出力は反転して

いる。

【0064】

なお、駆動信号Dによる駆動動作は第2実施形態の場合と同様なので説明は省略する。

【0065】

図17～図19は本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第5実施形態を示し、図17はブロック図、図18は回路図、図19はタイムチャート図である。なお、第5実施形態は図8～図11に示すインパクト型の圧電アクチュエータの第1構造例及び第2構造例に適用される駆動装置である。

【0066】

図17において、駆動装置50は制御回路51、駆動回路52及び電源53から構成され、圧電体31a(31b)に駆動信号を印加するものである。制御回路51は図19に示す制御信号であるスイッチング信号①～⑥を駆動回路52に出力するものである。駆動回路52は電源53及びスイッチング信号①～⑥を利用して、容量成分を有する圧電体31a(31b)に対して充放電を行うことにより、該圧電体31a(31b)間に駆動信号(図19の信号A)としての鋸歯状波電圧を発生、すなわち圧電体31a(31b)の両電極に印加するものである。

【0067】

図18において、電源53とアース間には圧電体31a(31b)を直列に介在させて4つの回路が形成されている。なお、圧電体31a(31b)に付記した記号P+、P-は分極方向を基準とした電極を示す。

【0068】

第1の回路は所定の制限電流を供給する定電流回路521とスイッチ回路526とからなり、圧電体31a(31b)に対し電極P+から電極P-に向けての緩やかな放電を行う回路として機能する。第2の回路はスイッチ回路522、526とからなり、圧電体31a(31b)に対し電極P+から電極P-に向けての電源53からの直接的な急激充電を行う回路として機能する。

【0069】

第3の回路はスイッチ回路523、525からなり、圧電体31a(31b)に対し電極P-から電極P+に向けての電源53からの直接的な急激充電を行う回路として機能する。第4の回路は所定の制限電流を供給する定電流回路524とスイッチ回路525とからなり、圧電体31a(31b)に対し電極P-から電極P+に向けての緩やかな放電を行う回路として機能する。

【0070】

また、定電流回路521、524は図(b)に示す回路からなり、スイッチ回路522、523は図(c)に示す回路からなり、スイッチ回路525、526は図(d)に示す回路からなる。図(b)は、信号①、④がハイレベルで電流が遮断(オフ)され、ローレベルで定電流が流れる(オン)ようになっている。図(c)はバイポーラ型のトランジスタで構成され、信号②、③がハイレベルで電流が遮断(オフ)され、ローレベルで導通(オン)するようになっている。図(d)はバイポーラ型のトランジスタで構成され、信号⑤、⑥がローレベルで電流が遮断(オフ)され、ハイレベルで導通(オン)するようになっている。図19において、駆動信号Dは分極方向を基準にした電圧波形を示し、信号①～⑥は対応する回路521～526をそれぞれオンオフ制御するスイッチング信号である。なお、信号①～⑥において、黒色期間はオンのための信号を出力していることを示している。

【0071】

次に、第5実施形態の動作について図19を参照しつつ説明する。

【0072】

正方向駆動は第2の回路と第4の回路を交互に動作させることにより行われる。まず、 $t_1 \sim t_2$ 期間では、信号②、⑥がオンのための信号(オン信号)を出力し、スイッチ回路522、526のみ(第2の回路)がオンする。従って、電源53から圧電体31a(31b)を介してアースに所定の短絡電流が流れ、圧電体31a(31b)はその容量性から電極P+から電極P-の向きに電流を蓄積(充電)し、両端電圧が急激な立ち上がり勾配で電源電圧 V_P まで上昇する。但し、この電圧 V_P は、図7に示す分極反転電圧以下に設定されているものであ

る。この期間中は、図 8，図 9 に示す第 1 構造例のスライダ 33 a は静止部材 30 a に対して位置変位せず、同様に図 10，図 11 に示す第 2 構造例の駆動ユニット 30 b も基台 34 b に対して位置変位しない。

【0073】

次いで、 $t_3 \sim t_4$ 期間では、信号④、⑤がオン信号を出力し、定電流回路 525 及びスイッチ回路 525（第 4 の回路）がオンする。この第 4 の回路では設定された定電流を圧電体 31 a（31 b）の電極 P- から P+ に流すため、 t_2 時点で蓄積されていた電荷が減少する方向に、すなわち立ち下がりの緩やかな勾配で放電が行われ、圧電体 31 a（31 b）両端の電圧が分極方向を基準にして $-V_P$ に向けて緩やかに降下する。この期間中は、図 8，図 9 に示す第 1 構造例のスライダ 33 a は静止部材 30 a に対して正方向に相対移動し、同様に図 10，図 11 に示す第 2 構造例の駆動ユニット 30 b も基台 34 b に対して正方向に相対移動する。

【0074】

なお、逆方向駆動を行う場合には、立ち下がり勾配を大きく（図 19 の $t_{11} \sim t_{12}$ 期間）すると共に立ち上がり勾配を緩やか（図 19 の $t_{13} \sim t_{14}$ 期間）にするようにすればよい。具体的には、 $t_{11} \sim t_{12}$ 期間に信号③、⑤がオン信号を出力し（第 3 の回路が動作）、 $t_{13} \sim t_{14}$ 期間に信号①、⑥がオン信号を出力する（第 1 の回路が動作）ように制御回路 51 からの制御信号の送出タイミングを調整しておけばよい。

【0075】

なお、上記の説明では、動作原理をわかりやすくするために、摺動軸が緩やかに移動した場合はスライダとの間にはすべりが生じず、急速に移動した場合にすべりが生じる場合を説明したが、摺動軸とスライダとの接触面の摩擦力の大きさによっては摺動軸を緩やかに移動させた場合でも摺動軸とスライダ間に滑りが生じる。しかし、この場合でも、摺動軸の移動方向によって移動速度に差があるために摺動軸がスライダに及ぼす力が異なるため、前述の説明と同様にスライダは移動する（特開平 7-298656 号公報参照）。

【0076】

図20、図21は本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第6実施形態を示し、図20は回路図、図21はタイムチャート図である。なお、第6実施形態のブロック図は第5実施形態の図17に示すブロック図と同様である。また、第6実施形態は図8～図11に示すインパクト型の圧電アクチュエータの第1構造例及び第2構造例に適用される駆動装置である。

【0077】

図20において、電源63とアース間には圧電体31a（31b）を直列に介在させて4つの回路が形成されている。なお、圧電体31a（31b）に付記された記号P+、P-は分極方向を基準とした電極を示す。

【0078】

第1の回路はスイッチ回路621と所定の制限電流を供給する定電流回路626とからなり、圧電体31a（31b）に対し電極P+から電極P-に向けての緩やかな放電を行う回路として機能する。第2の回路は所定の制限電流を供給するスイッチ回路621、625とからなり、圧電体31a（31b）に対し電極P+から電極P-に向けて電源53からの直接的な急激充電を行う回路として機能する。

【0079】

第3の回路はスイッチ回路622、624とからなり、圧電体31a（31b）に対し電極P-から電極P+に向けての電源63からの直接的な急激充電を行う回路として機能する。第4の回路はスイッチ回路622と所定の制限電流を供給する定電流回路623とからなり、圧電体31a（31b）に対し電極P-から電極P+に向けての緩やかな放電を行う回路として機能する。

【0080】

また、定電流回路623、626は図（b）に示す回路からなり、スイッチ回路621、622は図（c）に示す回路からなり、スイッチ回路624、625は図（d）に示す回路からなる。図（b）は、信号③、⑥がローレベルで電流が遮断（オフ）され、ハイレベルで定電流が流れる（オン）ようになっている。図（c）はバイポーラ型のトランジスタで構成され、信号①、②がハイレベルで電

流が遮断（オフ）され、ローレベルで導通（オン）するようになっている。図（d）はバイポーラ型のトランジスタで構成され、信号④、⑤がローレベルで電流が遮断（オフ）され、ハイレベルで導通（オン）するようになっている。図 21 において、駆動信号 D は分極方向を基準にした電圧波形を示し、信号①～⑥は対応する回路 521～526 をそれぞれオンオフ制御するスイッチング信号である。なお、信号①～⑥において、黒色期間はオンのための信号を出力していることを示している。

【0081】

次に、第 6 実施形態の動作について図 21 を参照しつつ説明する。

【0082】

正方向駆動は第 2 の回路と第 4 の回路を交互に動作させることにより行われる。まず、 $t_1 \sim t_2$ 期間では、信号①、⑤がオンのための信号（オン信号）を出力し、スイッチ回路 621, 625 のみ（第 2 の回路）がオンする。従って、電源 63 から圧電体 31a（31b）を介してアースに所定の短絡電流が流れ、圧電体 31a（31b）はその容量性から電極 P+ から電極 P- の向きに電流を蓄積（充電）し、両端電圧が急激な立ち上がり勾配で電源電圧 V_P まで上昇する。但し、この電圧 V_P は、図 7 に示す分極反転電圧以下に設定されているものである。この期間中は、図 8, 図 9 に示す第 1 構造例のスライダ 33a は静止部材 30a に対して位置変位せず、同様に図 10, 図 11 に示す第 2 構造例の駆動ユニット 30b も基台 34b に対して位置変位しない。

【0083】

次いで、 $t_3 \sim t_4$ 期間では、信号②、③がオン信号を出力し、スイッチ回路 622 及び定電流回路 623（第 4 の回路）がオンする。この第 3 の回路では設定された定電流を圧電体 31a（31b）の電極 P- から P+ に流すため、 t_2 時点で蓄積されていた電荷が減少する方向に、すなわち立ち下りの緩やかな勾配で放電が行われ、圧電体 31a（31b）両端の電圧が分極方向を基準にして $-V_P$ に向けて緩やかに降下する。この期間中は、図 8, 図 9 に示す第 1 構造例のスライダ 33a は静止部材 30a に対して正方向に相対移動し、同様に図 10, 図 11 に示す第 2 構造例の駆動ユニット 30b も基台 34b に対して正方向に

相対移動する。

【0084】

なお、逆方向に移動させる場合には、立ち上がり勾配を大きく（図21の $t_{11} \sim t_{12}$ 期間）すると共に立ち下がり勾配を緩やか（図21の $t_{13} \sim t_{14}$ 期間）にするようにすればよい。具体的には、 $t_{11} \sim t_{12}$ 期間に信号②、④がオン信号を出力し（第3の回路が動作）、 $t_{13} \sim t_{14}$ 期間に信号①、⑥がオン信号を出力する（第1の回路が動作）ように制御回路51からの制御信号の送出タイミングを調整しておけばよい。

【0085】

なお、上記の説明では、動作原理をわかりやすくするために、摺動軸が緩やかに移動した場合はスライダとの間にはすべりが生じず、急速に移動した場合にすべりが生じる場合を説明したが、摺動軸とスライダとの接触面の摩擦力の大きさによっては摺動軸を緩やかに移動させた場合でも摺動軸とスライダ間に滑りが生じる。しかし、この場合でも、摺動軸の移動方向によって移動速度に差があるために摺動軸がスライダに及ぼす力が異なるため、前述の説明と同様にスライダは移動する（特開平7-298656号公報参照）。

【0086】

図22、図23は本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第7実施形態を示し、図22は回路図、図23はタイムチャート図である。なお、第7実施形態は第5実施形態におけるブロック図と同様のブロック図を備えてなるもので、基本的に第5実施形態の図18(c)、(d)に示すバイポーラ型のトランジスタをMOSFETで実現したものである。また、第7実施形態は図8～図11に示すインパクト型の圧電アクチュエータの第1構造例及び第2構造例に適用される駆動装置である。

【0087】

図22において、電源73とアース間には圧電体31a(31b)を直列に介在させて4つの回路が形成されている。なお、圧電体31a(31b)に付記された記号P+、P-は分極方向を基準とした電極を示す。

【0088】

第1の回路は所定の正弦電流を供給する定電流回路721とスイッチ回路726とからなり、圧電体31a(31b)に対し電極P+から電極P-に向けての緩やかな放電を行う回路として機能する。第2の回路はスイッチ回路722、726とからなり、圧電体31a(31b)に対し電極P+から電極P-に向けての電源73からの直接的な急激充電を行う回路として機能する。

【0089】

第3の回路はスイッチ回路723、725とからなり、圧電体31a(31b)に対し電極P-から電極P+に向けての電源73からの直接的な急激充電を行う回路として機能する。第4の回路は所定の制限電流を供給する定電流回路724とスイッチ回路725とからなり、圧電体31a(31b)に対し電極P-から電極P+に向けての緩やかな放電を行う回路として機能する。

【0090】

また、スイッチ回路722、723、725、726はMOSFETで構成されている。なお、かかるMOSFETは、図中破線で示すような寄生ダイオードを並列に含んでいる。

【0091】

図23において、駆動信号Dは分極方向を基準にした電圧波形を示し、信号①～⑥は対応する回路721～726をそれぞれオンオフ制御するスイッチング信号である。なお、信号①～⑥において、黒色期間はオンのための信号を出力していることを示している。

【0092】

次に、第7実施形態の動作について図23を参照しつつ説明する。

【0093】

正方向駆動は第1の回路と第3の回路を交互に動作させることにより行われる。まず、 $t_1 \sim t_2$ 期間では、信号②、⑥がオン信号を出力し、スイッチ回路722、726のみ(第2の回路)がオンする。従って、電源73から圧電体31a(31b)を介してアースに所定の短絡電流が流れ、圧電体31a(31b)はその容量性から電極P+から電極P-の向きに電流を蓄積(充電)し、両端電

圧が急激な立ち上がり勾配で電源電圧 V_P まで上昇する。但し、この電圧 V_P は、図 7 に示す分極反転電圧以下に設定されているものである。この期間中は、図 8、図 9 に示す第 1 構造例のスライダ 33 a は静止部材 30 a に対して位置変位せず、同様に図 10、図 11 に示す第 2 構造例の駆動ユニット 30 b も基台 34 b に対して位置変位しない。

【0094】

次いで、 $t_3 \sim t_4$ 期間では、信号④、⑤がオン信号を出力し、定電流回路 724 及びスイッチ回路 725（第 4 の回路）がオンする。この第 4 の回路では設定された定電流を圧電体 31 a（31 b）の電極 P^- から P^+ に流すため、 t_2 時点で蓄積されていた電荷が減少する方向に、すなわち立ち下りの緩やかな勾配で放電が行われ、圧電体 31 a（31 b）両端の電圧が分極方向を基準にして $-V_P$ に向けて緩やかに降下する。

【0095】

但し、 t_3 時点でスイッチ回路 725 がオンして圧電体 31 a（31 b）の電極 P^+ がアースに短絡されると電極 P^- 側が負電位になろうとするが、オフ状態にあるスイッチ回路 726 の寄生ダイオードによって、負電位が零電位に落ちるまで電荷が急激に抜ける結果、 t_3 直後において圧電体 31 a（31 b）の両端電圧が零ボルト（V）になるまでは急激に低下（放電）し（ $t_3 \sim t_{3-1}$ の実線部分）、その後は寄生ダイオードが作用しなくなって、第 5 実施形態の図 19 に示す波形（図 23 中、破線で示している）と同様な勾配で放電する。本実施形態においては、駆動回路の一部を MOSFET にすることにより、トランジスタのスイッチング速度を速くすることができるとともに、駆動回路自体の消費電流を減らすことも可能である。なお、寄生ダイオードにより、緩やかに放電を行う際に圧電体の両端電圧がほぼ 0 v になるまでは急速に放電が行われるので、出力特性が悪化することが考えられるが、実際に駆動・測定した結果では出力特性への悪影響は見られなかった。

【0096】

この $t_3 \sim t_4$ 期間は、図 8、図 9 に示す第 1 構造例のスライダ 33 a は静止部材 30 a に対して正方向に相対移動し、同様に図 10、図 11 に示す第 2 構造

例の駆動ユニット 30b も基台 34b に対して正方向に相対移動する。

【0097】

なお、逆方向に移動させる場合には、立ち上がり勾配を大きく（図 23 の $t_{11} \sim t_{12}$ 期間）にすると共に立ち下がり勾配を緩やか（図 23 の $t_{13} \sim t_{14}$ 期間）にするようにすればよい。具体的には、 $t_{11} \sim t_{12}$ 期間に信号①、⑥がオン信号を出力し（第 3 の回路が動作）、 $t_{13} \sim t_{14}$ 期間に信号③、⑤がオン信号を出力する（第 1 の回路が動作）ように制御回路 71 からの制御信号の送出タイミングを調整しておけばよい。

【0098】

図 24、図 25 は本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 8 実施形態を示し、図 24 は回路図、図 25 はタイムチャート図である。なお、第 8 実施形態は第 5 実施形態におけるブロック図と同様のブロック図を備えてなるものである。また、基本的に第 6 実施形態の図 18 (c)、(d) に示すバイポーラ型のトランジスタを MOSFET で実現したものである。また、第 8 実施形態は図 8 ～ 図 11 に示すインパクト型の圧電アクチュエータの第 1 構造例及び第 2 構造例に適用される駆動装置である。

【0099】

図 24 において、電源 83 とアース間には圧電体 31a (31b) を直列に介在させて 4 つの回路が形成されている。なお、圧電体 31a (31b) に付記された記号 P+、P- は分極方向を基準とした電極を示す。

【0100】

第 1 の回路はスイッチ回路 821 と所定の制限電流を供給する定電流回路 826 とからなり、圧電体 31a (31b) に対し電極 P+ から電極 P- に向けての緩やかな放電を行う回路として機能する。第 2 の回路は所定の正弦電流を供給するスイッチ回路 821、825 とからなり、圧電体 31a (31b) に対し電極 P+ から電極 P- に向けて電源 83 からの直接的な急激充電を行う回路として機能する。

【0101】

第 3 の回路はスイッチ回路 822、824 からなり、圧電体 31a (31b)

に対し電極 P- から電極 P+ に向けての電源 83 からの直接的な急激充電を行う回路として機能する。第 4 の回路はスイッチ回路 822 と所定の制限電流を供給する定電流回路 823 とからなり、圧電体 31a (31b) に対し電極 P- から電極 P+ に向けての緩やかな放電を行う回路として機能する。

【0102】

また、スイッチ回路 821, 822, 824, 825 は MOSFET で構成されている。なお、かかる MOSFET は、図中破線で示すような寄生ダイオードを並列に含んでいる。

【0103】

図 25 において、駆動信号 D は分極方向を基準にした電圧波形を示し、信号①～⑥は対応する回路 821～826 をそれぞれオンオフ制御するスイッチング信号である。なお、信号①～⑥において、黒色期間はオンのための信号を出力していることを示している。

【0104】

次に、第 8 実施形態の動作について図 25 を参照しつつ説明する。

【0105】

正方向駆動は第 1 の回路と第 3 の回路を交互に動作させることにより行われる。まず、 $t_1 \sim t_2$ 期間では、信号①、⑤がオン信号を出力し、スイッチ回路 821, 825 のみ（第 2 の回路）がオンする。従って、電源 83 から圧電体 31a (31b) を介してアースに所定の短絡電流が流れ、圧電体 31a (31b) はその容量性から電極 P+ から電極 P- の向きに電流を蓄積（充電）し、両端電圧が急激な立ち上がり勾配で電源電圧 V_P まで上昇する。但し、この電圧 V_P は、図 7 に示す分極反転電圧以下に設定されているものである。この期間中は、図 8, 図 9 に示す第 1 構造例のスライダ 33a は静止部材 30a に対して位置変位せず、同様に図 10, 図 11 に示す第 2 構造例の駆動ユニット 30b も基台 34b に対して位置変位しない。

【0106】

次いで、 $t_3 \sim t_4$ 期間では、信号②、③がオン信号を出力し、スイッチ回路 822 及び定電流回路 823 （第 4 の回路）がオンする。この第 3 の回路では設

定された定電流を圧電体 31a (31b) の電極 P- から P+ に流すため、 t_2 時点で蓄積されていた電荷が減少する方向に、すなわち立ち下がりの緩やかな勾配で放電が行われ、圧電体 31a (31b) 両端の電圧が分極方向を基準にして $-V_P$ に向けて緩やかに降下する。

【0107】

但し、 t_3 時点でスイッチ回路 825 がオンして圧電体 31a (31b) の電極 P+ がアースに短絡されると電極 P- 側が負電位になろうとするが、オフ状態にあるスイッチ回路 826 の寄生ダイオードによって、負電位側が零電位に落ちるまで電荷が急激に抜ける結果、 t_3 直後において圧電体 31a (31b) の両端電圧が零ボルト (V) になるまでは急激に低下 (放電) し ($t_3 \sim t_{3-1}$ の実線部分)、その後は寄生ダイオードが作用しなくなって、第 6 実施形態の図 21 に示す波形 (図 25 中、破線で示している) と同様な勾配で放電する。本実施形態においては、駆動回路の一部を MOSFET にすることにより、トランジスタのスイッチング速度を速くすることができるとともに、駆動回路自体の消費電流を減らすことも可能である。

【0108】

この期間中は、図 8、図 9 に示す第 1 構造例のスライダ 33a は静止部材 30a に対して正方向に相対移動し、同様に図 10、図 11 に示す第 2 構造例の駆動ユニット 30b も基台 34b に対して正方向に相対移動する。

【0109】

なお、逆方向に移動させる場合には、立ち上がり勾配を大きく (図 25 の $t_{11} \sim t_{12}$ 期間) すると共に立ち下がり勾配を緩やか (図 25 の $t_{13} \sim t_{14}$ 期間) にするようにすればよい。具体的には、 $t_{11} \sim t_{12}$ 期間に信号②、④がオン信号を出力し (第 3 の回路が動作)、 $t_{13} \sim t_{14}$ 期間に信号①、⑥がオン信号を出力する (第 1 の回路が動作) ように制御回路 81 からの制御信号の送出タイミングを調整しておけばよい。

【0110】

図 26 は本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 9 実施形態を示す回路図、図 27 は本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 10 実施形態を示す

回路図である。第9、第10実施形態は図17に示す第7実施形態におけるブロック図と同様のブロック図を備えてなるものである。

【0111】

図26に示す第9実施形態の回路図は第7実施形態の回路図におけるバイポーラ型のトランジスタからなるスイッチ回路725, 726に代えて、MOSFETをスイッチ回路925, 926として採用したものであり、さらにかかる短絡ラインとなるスイッチ回路925, 926のMOSFETと直列にダイオード925a, 926aを順方向（MOSFETの寄生ダイオードと逆向き）に向けて介在させたものである。このダイオード925a, 926aはMOSFETの持つ寄生ダイオード（図中、破線で示している）によって生じる急激な電圧の立ち下がり（図23の $t_3 \sim t_{3-1}$ 期間、 $t_{13} \sim t_{13-1}$ 期間）が好ましくない場合（すなわち、図23の $t_3 \sim t_4$ 、 $t_{13} \sim t_{14}$ 期間は、元々スライダ33aを静止部材30aに対して相対移動させ、また駆動ユニット30bを基台34bに対して相対移動させるための期間としたものであるが、上述のように $t_3 \sim t_{3-1}$ 期間、 $t_{13} \sim t_{13-1}$ 期間で急激な放電が行われると、スライダ33aが静止部材30aに対して位置変位せず、また駆動ユニット30bも基台34bに対して位置変位せず乃至は相対移動が不十分となって、結果的にスライダ33aの静止部材30aに対する相対移動量、また駆動ユニット30bの基台34bに対する相対移動量が不十分となる。）に採用すると、急激放電を阻止して図23の破線に示すような一定勾配を得、相対移動量を適正に確保することができることとなる。

【0112】

第10実施形態の回路図は第8実施形態の回路図におけるバイポーラ型のトランジスタからなるスイッチ回路821, 822に代えて、MOSFETをスイッチ回路1021, 1022として採用したものであり、さらにかかる短絡ラインとなるスイッチ回路1021, 1022中にMOSFETと直列にダイオード1021a, 1022aを順方向に向けて介在させたものである。このダイオード1021a, 1022aはMOSFETの持つ寄生ダイオード（図中、破線で示している）によって生じる急激な電圧の立ち下がり（図25の $t_3 \sim t_{3-1}$ 期

間、 $t_{13} \sim t_{13-1}$ 期間）が好ましくない場合（第9実施形態の場合と同じ）に採用すると、急激放電を阻止して図25の破線に示すような一定勾配を得、相対移動量を適正に確保することができることとなる。

【0113】

なお、図18以降において、第1の回路は本発明に係る第4の駆動回路に対応し、第2の回路は本発明に係る第1の駆動回路に対応し、第3の回路は本発明に係る第3の駆動回路に対応し、第4の回路は本発明に係る第2の駆動回路に対応する。

【0114】

【発明の効果】

請求項1記載の発明によれば、圧電体に生じる歪みである伸張と収縮とを利用することでアクチュエータとして機能させることが可能となり、このとき第1、第2の駆動回路から出力される電圧信号をいずれも同極としたので分極反転電圧以下で駆動させるという制約下にあって、実質2倍の歪み量（伸縮量）を得ることができる。

【0115】

請求項2記載の発明によれば、第2の駆動回路を単に第1の駆動回路に対して信号反転する構成を備えるのみの簡易な構成とすることができる。

【0116】

請求項3記載の発明によれば、伸張、収縮動作を交互に行わせることができる。

【0117】

請求項4記載の発明によれば、増幅回路を利用して第2の駆動回路からの反転出力を容易に得ることができ、その分、構成が簡易となる。

【0118】

請求項5記載の発明によれば、第1、第2の駆動回路からの駆動電圧信号と第3、第4の駆動回路からの駆動電圧信号との位相を少なくともずらしているので、駆動部材に楕円運動を行わせることができる。

【0119】

請求項6記載の発明によれば、圧電体に対して異なる速度でもって伸張と収縮動作とを交互に行わせることができる。しかも、この伸張と収縮とは同極性の信号で行われながら、実質2倍の歪みを得ることが可能となる。

【0120】

請求項7記載の発明によれば、伸張速度と収縮速度とを異ならせることによって、インパクト形圧電アクチュエータへの適用が可能となる。

【0121】

請求項8記載の発明によれば、スイッチ回路だけで充電、放電動作が制御できるので、回路構成が簡易、容易となる。

【0122】

請求項9記載の発明によれば、インパクト形圧電アクチュエータに適用すると、正逆方向の相対移動が実現できる。

【0123】

請求項10記載の発明によれば、第1、第2の駆動回路、また第3、第4の駆動回路から出力される電圧信号はいずれも同極であるので、分極反転電圧以下で駆動させるという制約下にあって、実質2倍の歪み量（伸縮量）を得ることができ、しかも伸張速度と収縮速度を異にしている分、相対移動量も大きくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

トラス形の圧電アクチュエータの概略構造図である。

【図2】

トラス形圧電アクチュエータ駆動装置を説明するブロック図である。

【図3】

その回路図である。

【図4】

その電圧波形図である。

【図 5】

本発明に係る圧電アクチュエータの第 2 実施形態を示す回路図である。

【図 6】

その電圧波形図である。

【図 7】

図 7 は印加電圧と変位量との関係を示す圧電素子の特性曲線図である。

【図 8】

本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 3 実施形態を示すもので、インパクト型の圧電アクチュエータの第 1 構造例を示す全体斜視図である。

【図 9】

図 8 の縦断面図である。

【図 1 0】

本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 3 実施形態を示すもので、インパクト型の圧電アクチュエータの第 2 構造例を示す全体斜視図である。

【図 1 1】

図 1 0 の a 矢視図である。

【図 1 2】

第 3 実施形態のブロック図である。

【図 1 3】

その回路図である。

【図 1 4】

その電圧波形図である。

【図 1 5】

本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 4 実施形態を示す回路図である。

【図 1 6】

その電圧波形図である。

【図 1 7】

本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 5 実施形態を示すブロック図で

ある。

【図 1 8】

その回路図である。

【図 1 9】

そのタイムチャート図である。

【図 2 0】

本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 6 実施形態を示す回路図である

【図 2 1】

そのタイムチャート図である。

【図 2 2】

本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 7 実施形態を示す回路図である

【図 2 3】

そのタイムチャート図である。

【図 2 4】

本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 8 実施形態を示す回路図である

【図 2 5】

そのタイムチャート図である。

【図 2 6】

本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 9 実施形態を示す回路図である

【図 2 7】

本発明に係る圧電アクチュエータ駆動装置の第 1 0 実施形態を示す回路図である。

【符号の説明】

1 0 ベース部材

1 1, 1 2 圧電体

13 摺動部材

SL 被駆動体

16, 17 駆動装置

161, 171, 261, 271, 361, 461 波形発生回路

162, 172, 262, 272 駆動回路 (第1の駆動回路)

163, 173, 263, 273 反転回路 (第2の駆動回路)

164, 174, 264, 274 駆動回路 (第2の駆動回路)

OP11, P12~OP41, P42 オペアンプ

R11, R12, R13, R14~R41, R42, R43, R44 抵抗

B11, B12~B41, B42 定電圧源

362, 472 駆動回路

363, 473 反転回路

364, 474 駆動回路

30a 静止部材 (第1ユニット)

31a、31b 圧電体

32a 摺動軸

33a スライダ (第2ユニット)

30b 駆動ユニット (第1のユニット)

34b 静止部材 (第2のユニット)

341b 基台

351b, 352b 案内部材

32b フレーム

33b スライダ

50 駆動装置

51 制御回路

52 駆動回路 (第1~第4の駆動回路)

53 電源

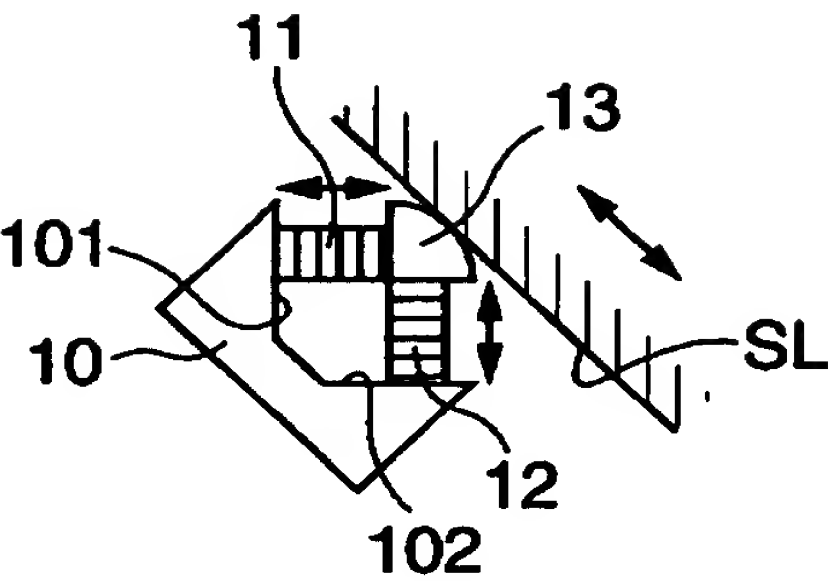
521, 524, 623, 626, 721, 724, 823, 826 定電流

回路

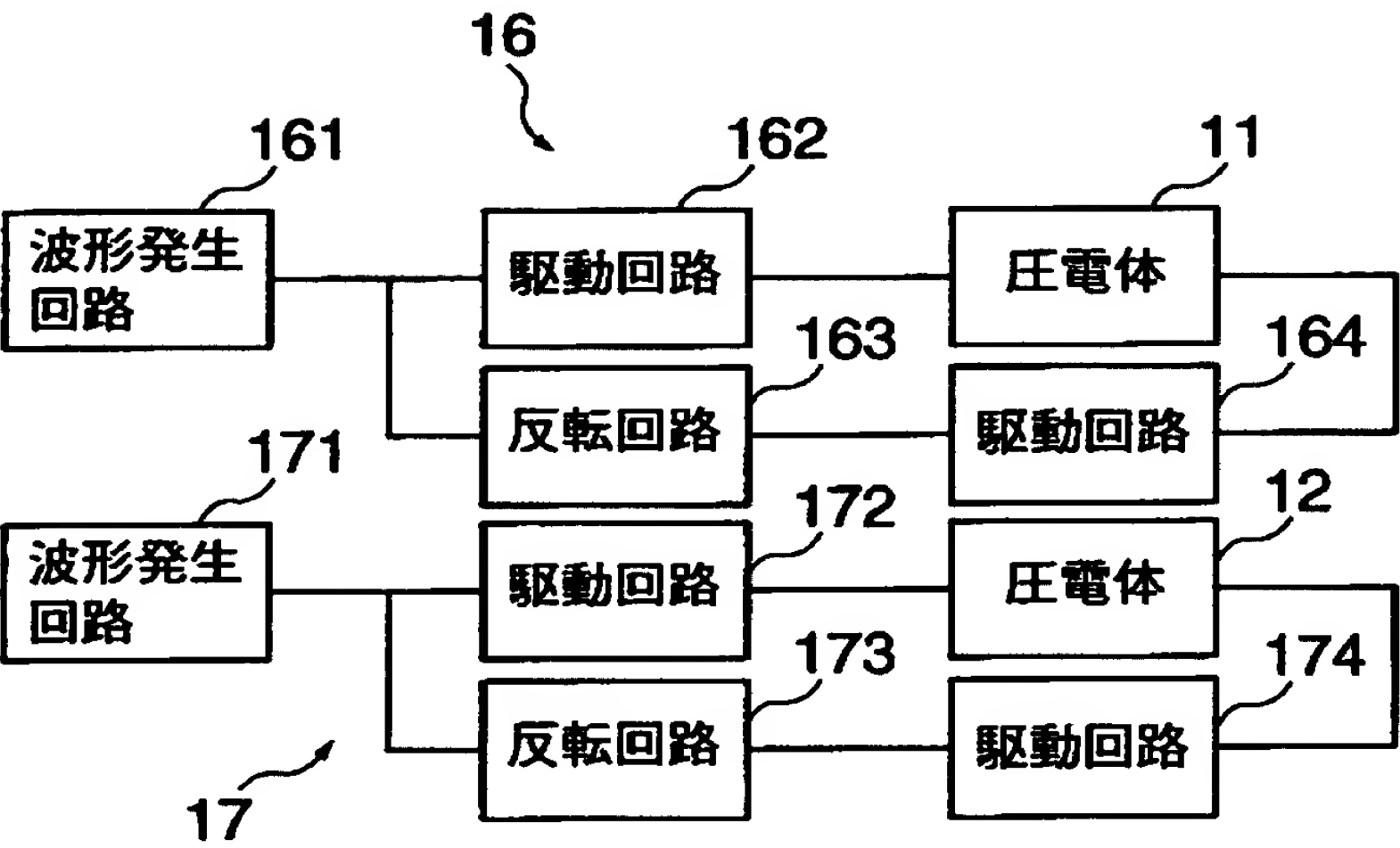
522, 523, 525, 526, 621, 622, 624, 625, 722
, 723, 725, 726, 821, 822, 824, 825, 925, 926
, 1021, 1022 スイッチ回路
925a, 926a, 1021a, 1022a ダイオード

【書類名】 図面

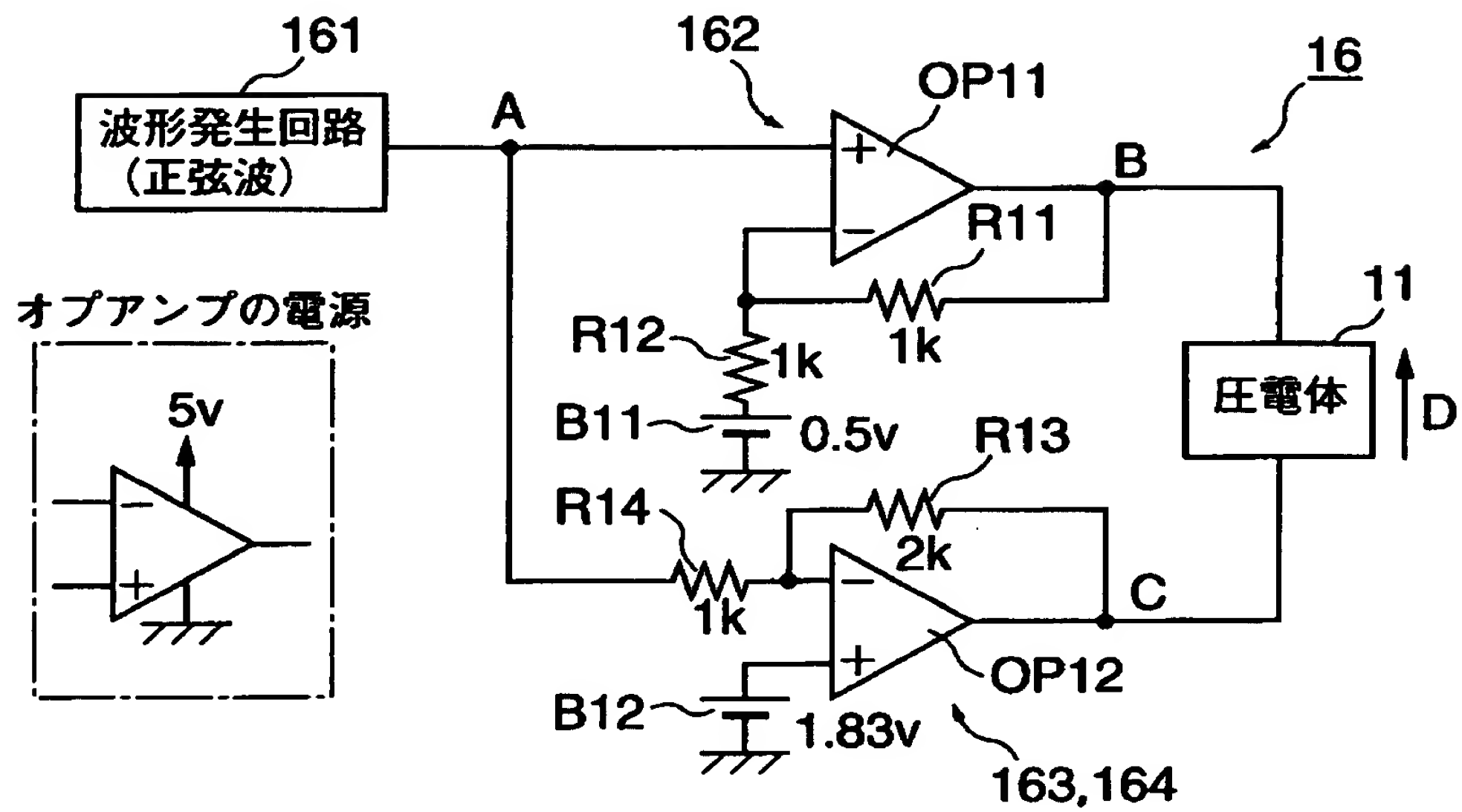
【図 1】



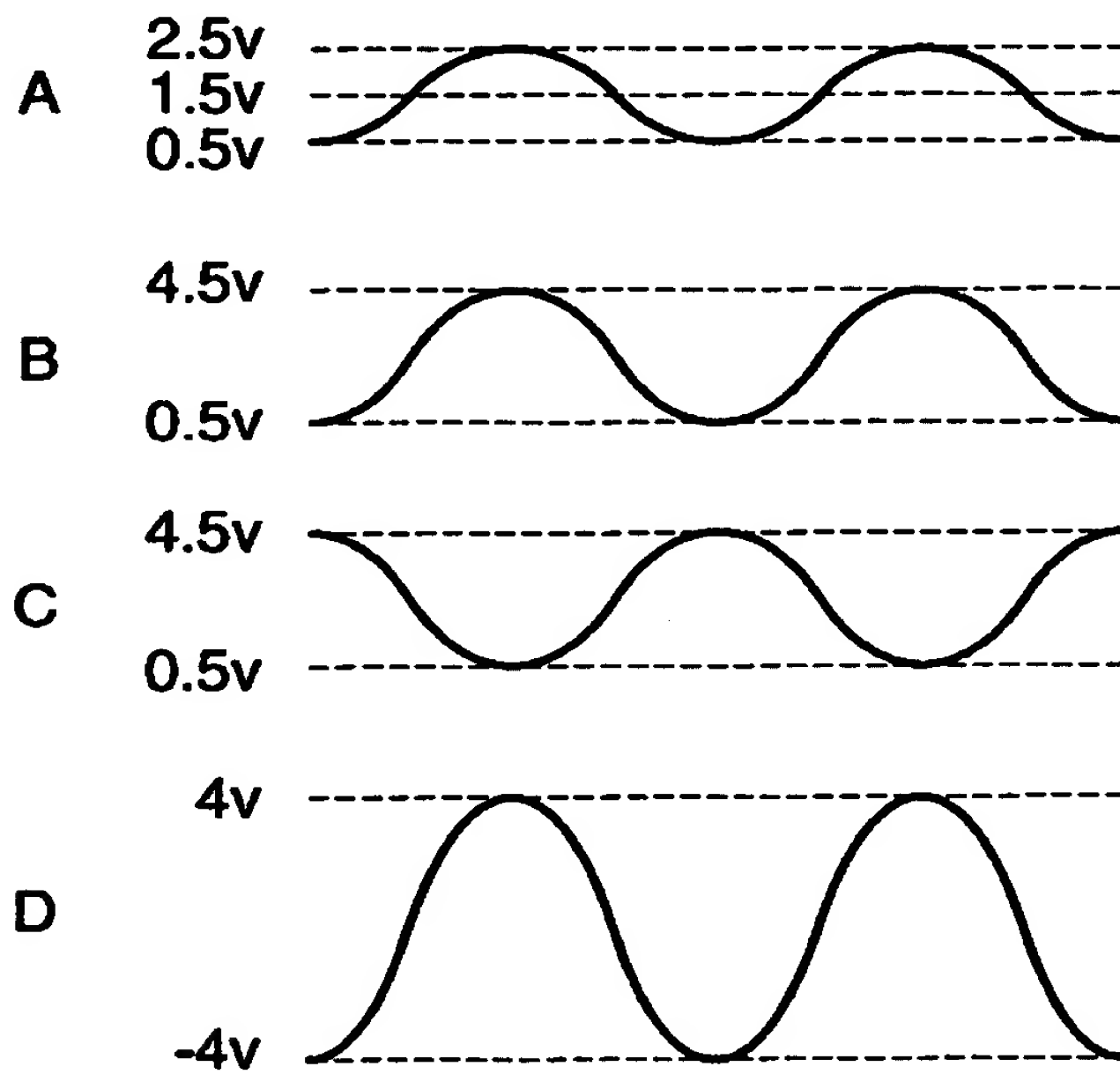
【図 2】



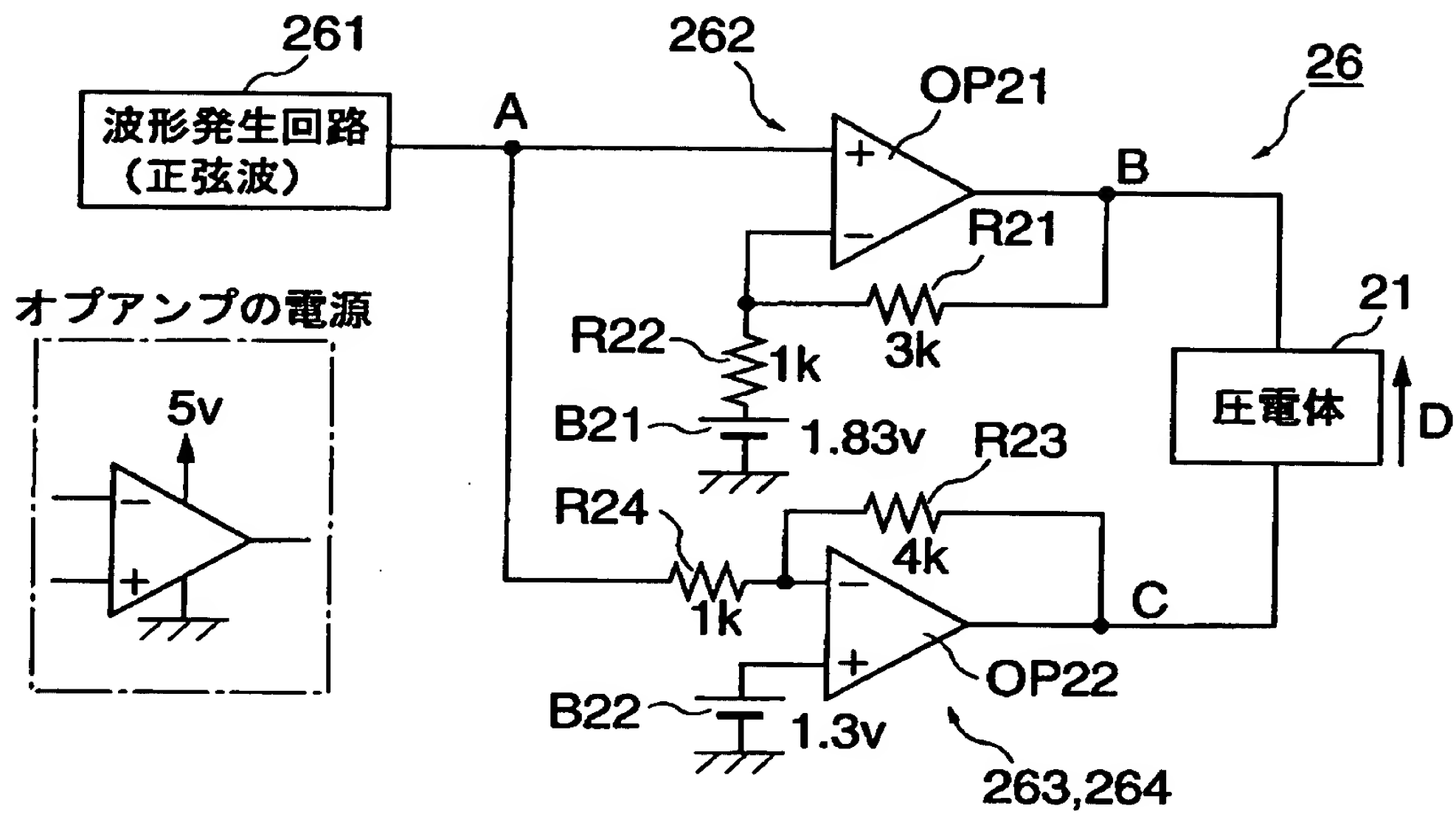
【図 3】



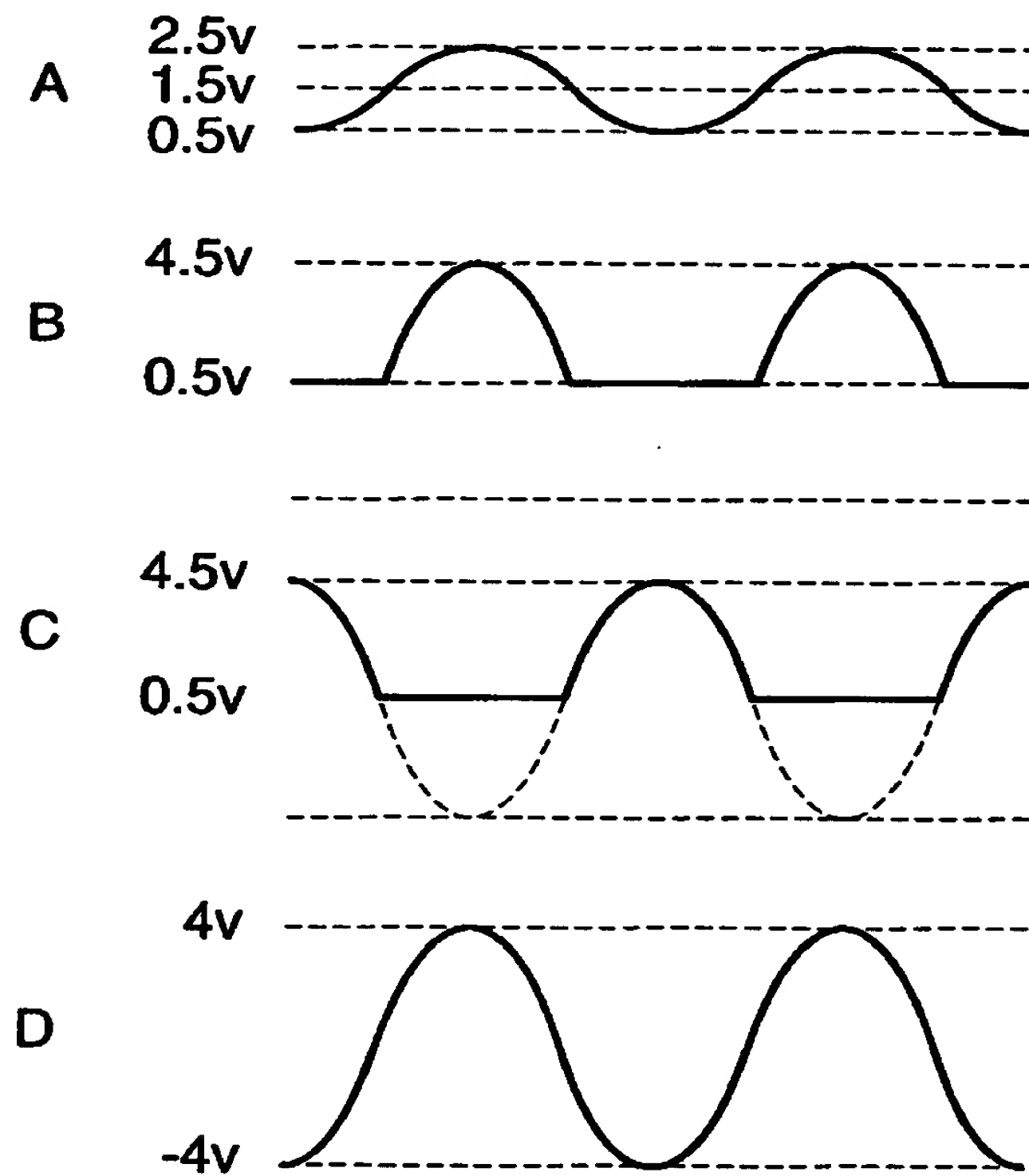
【図 4】



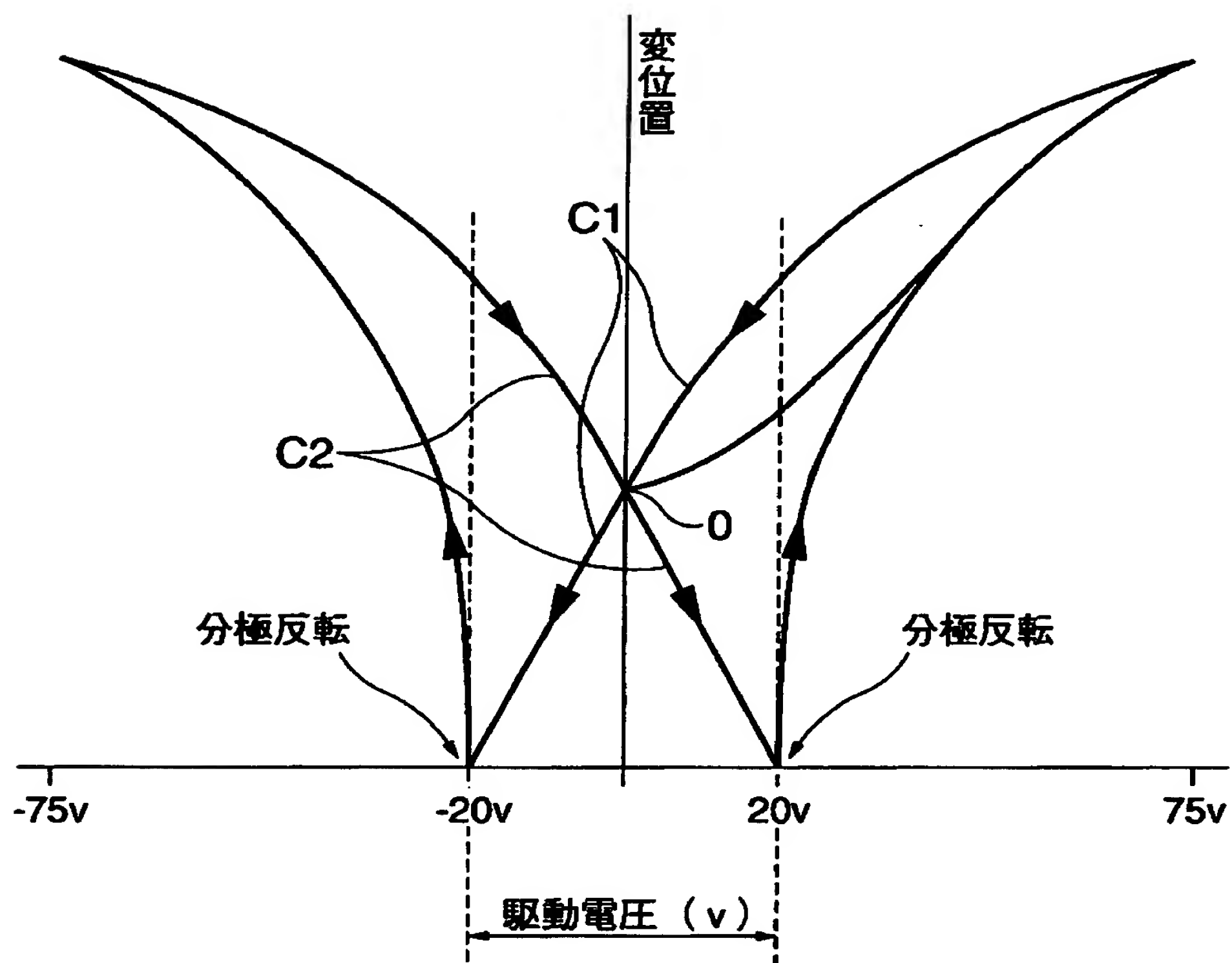
【図 5】



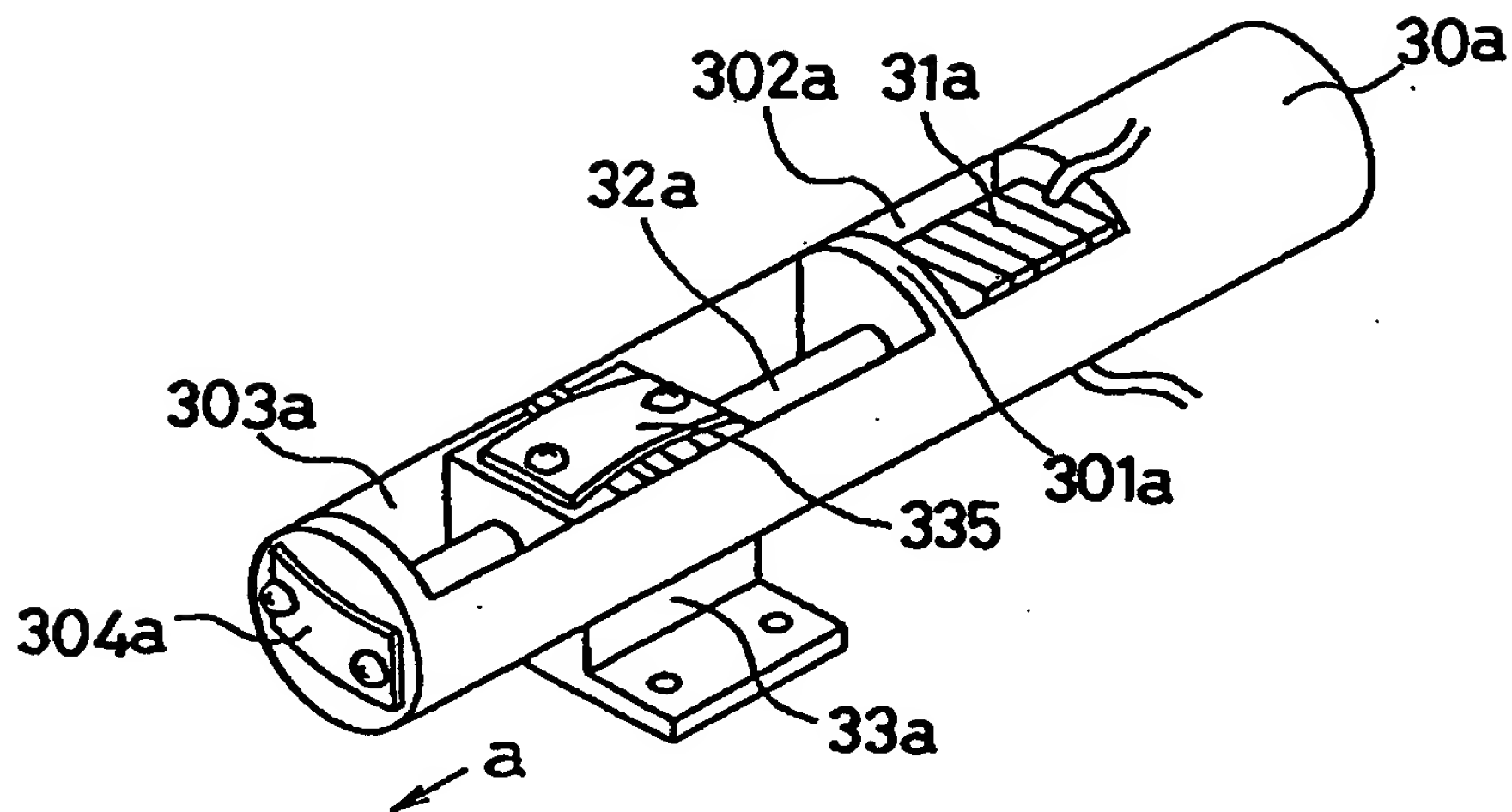
【図 6】



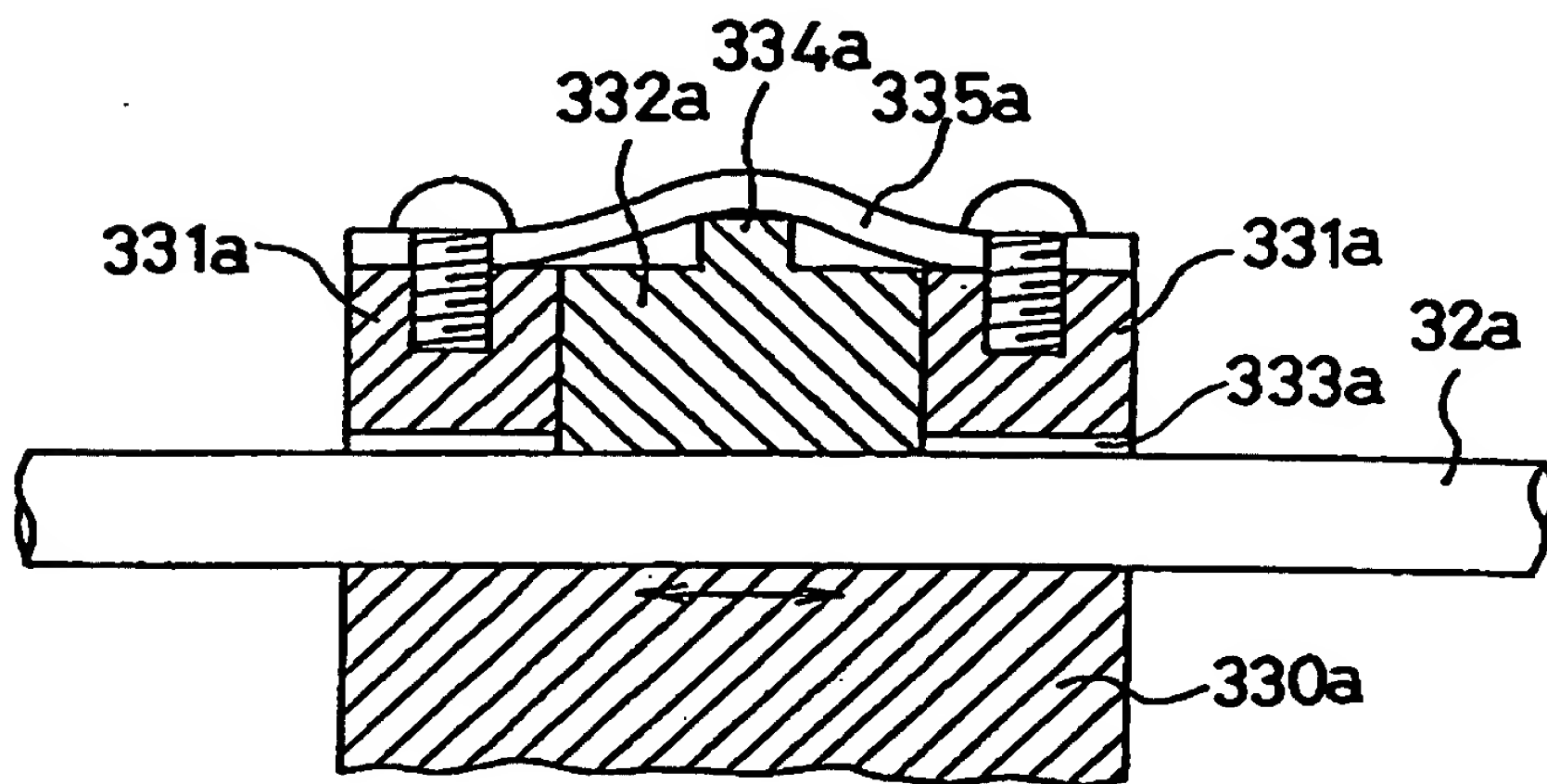
【図 7】



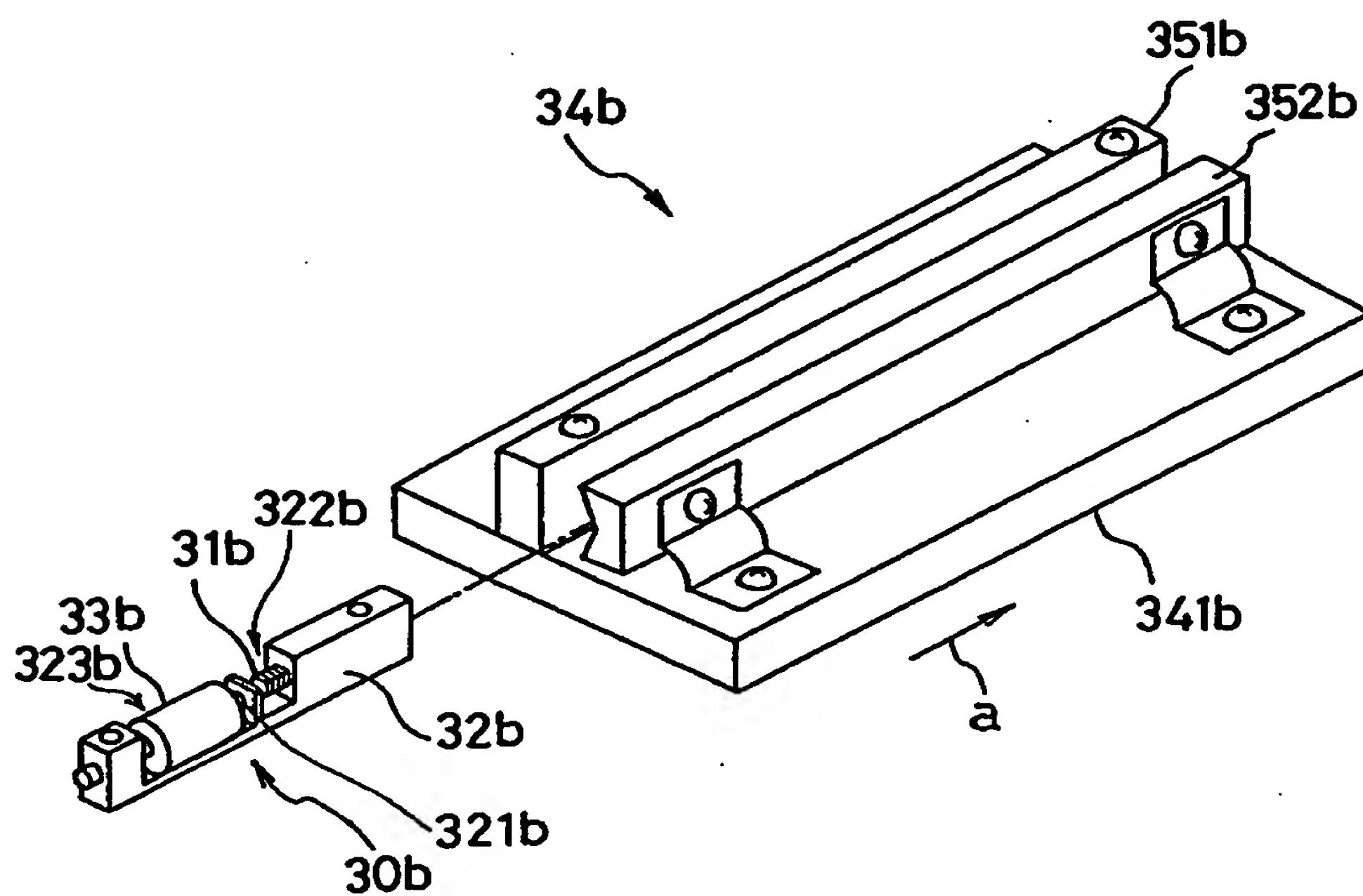
【図 8】



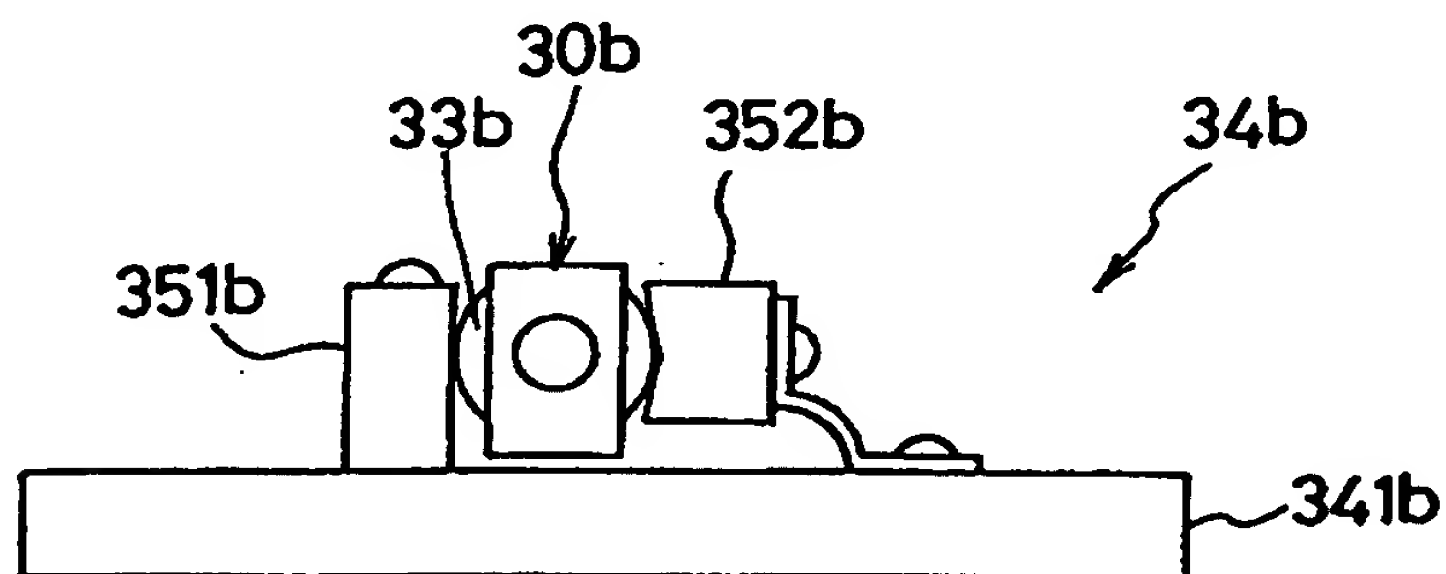
【図 9】



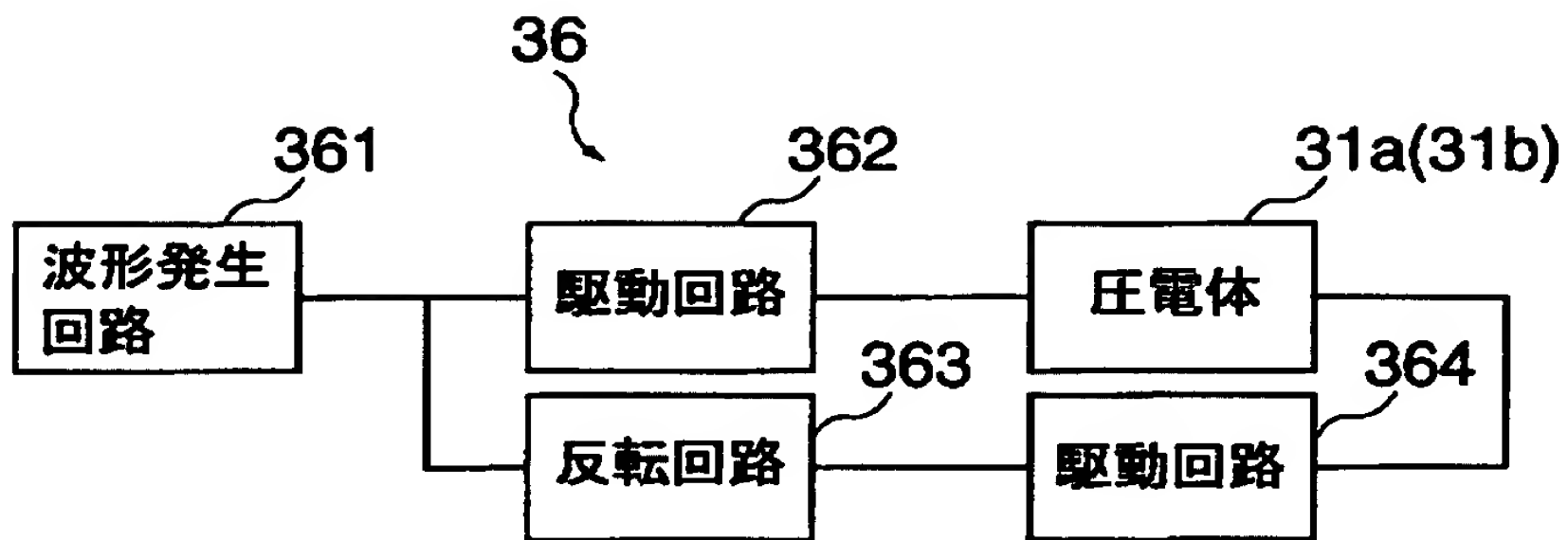
【図 1 0】



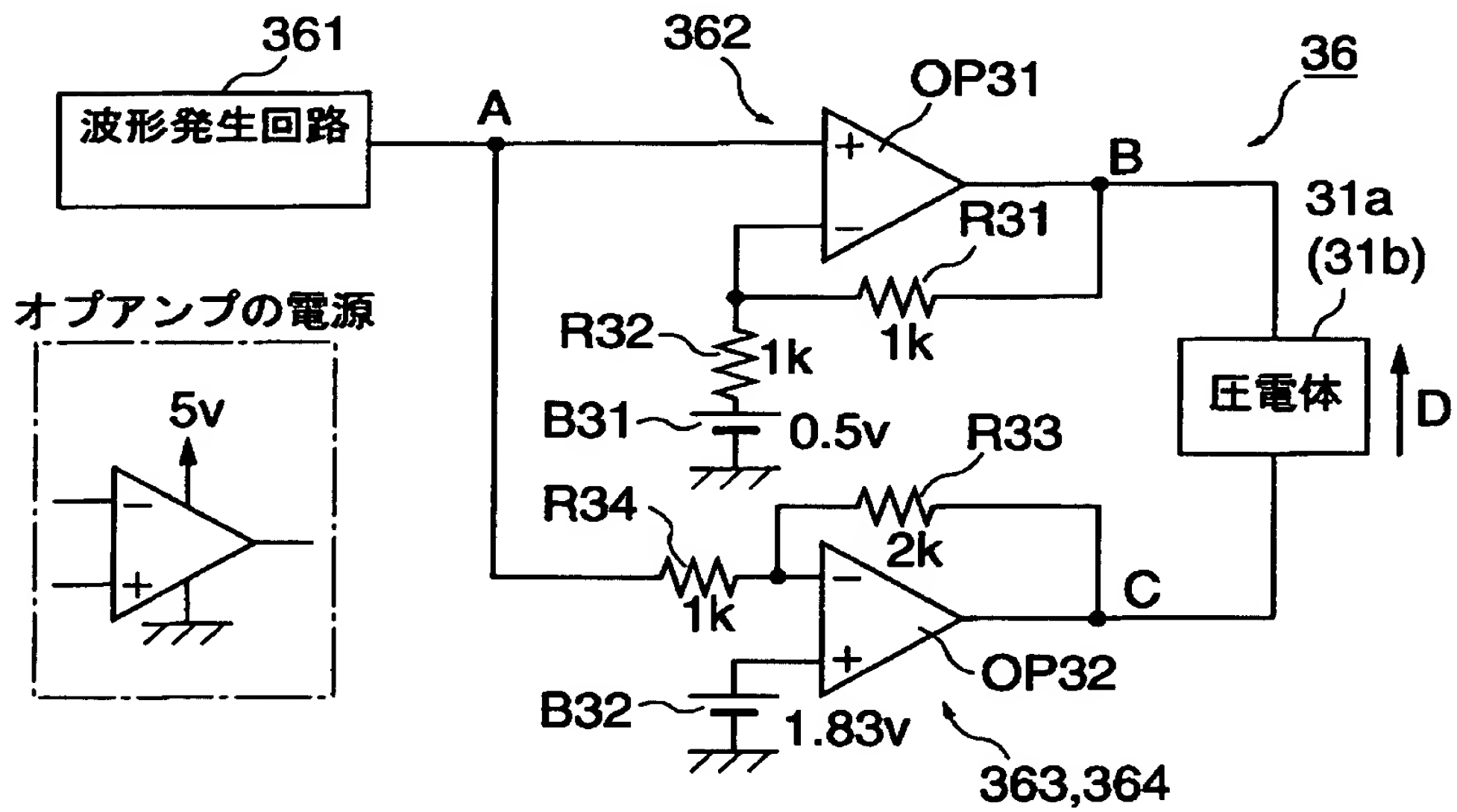
【図 1 1】



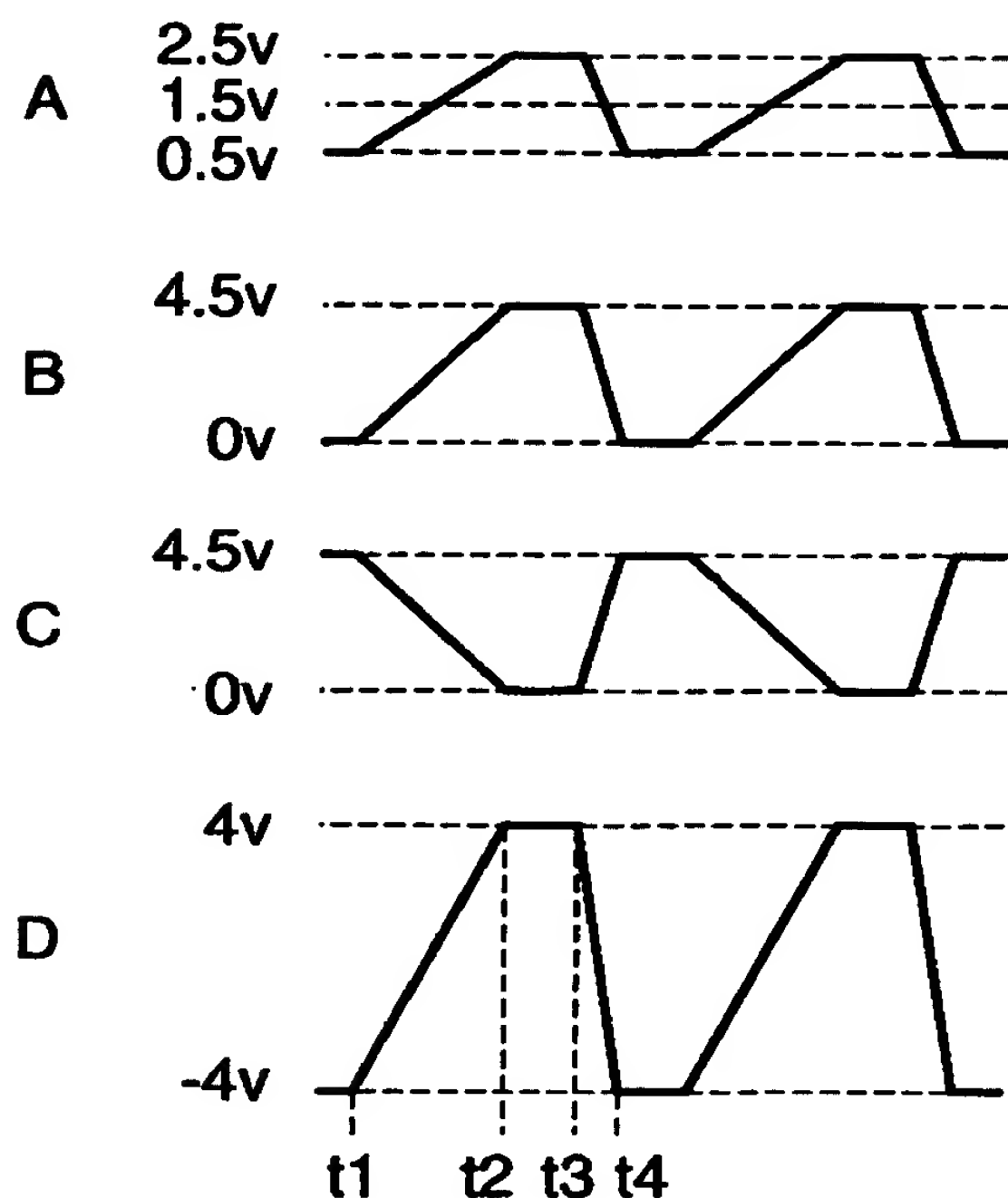
【図 12】



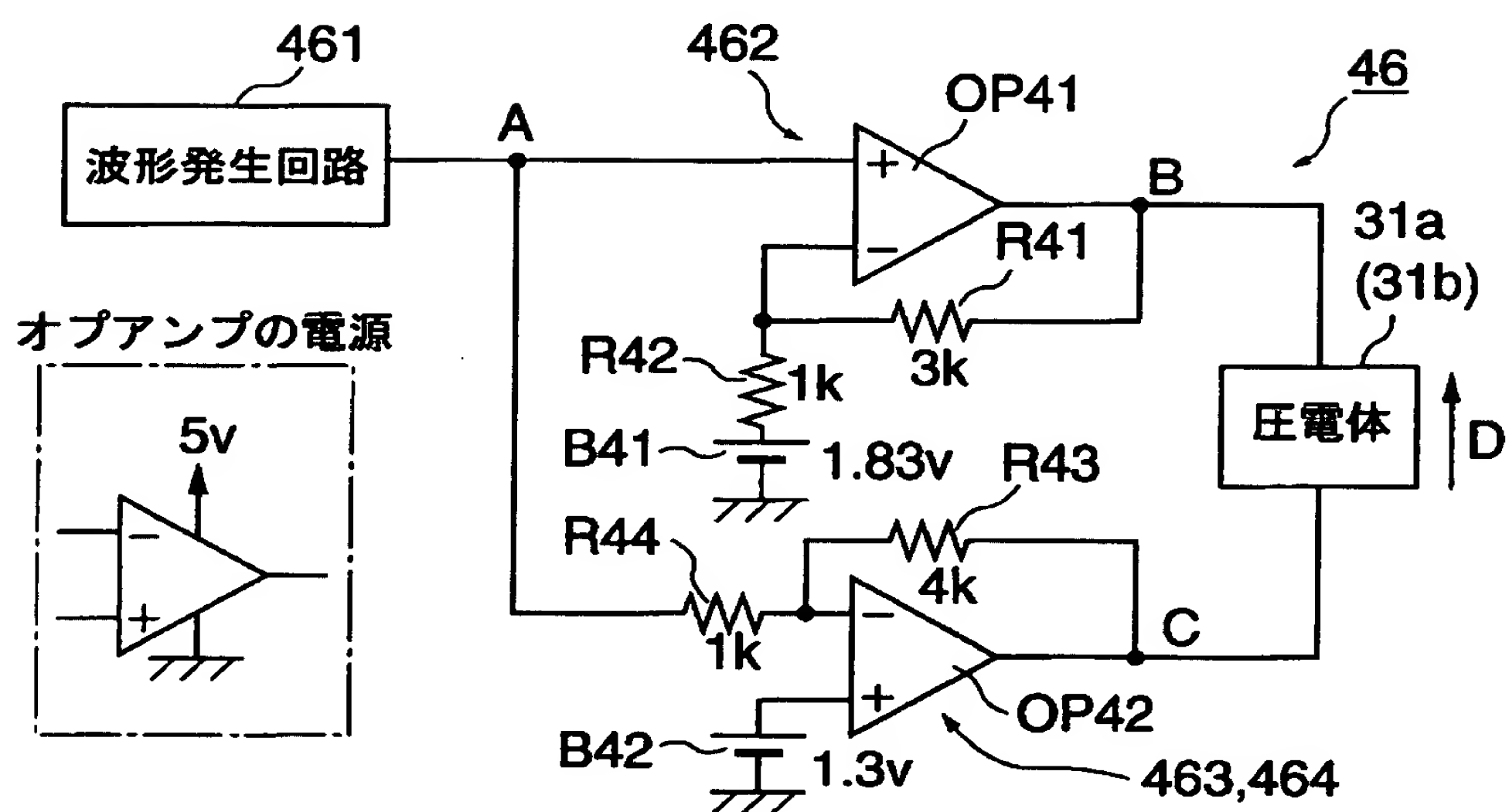
【図 13】



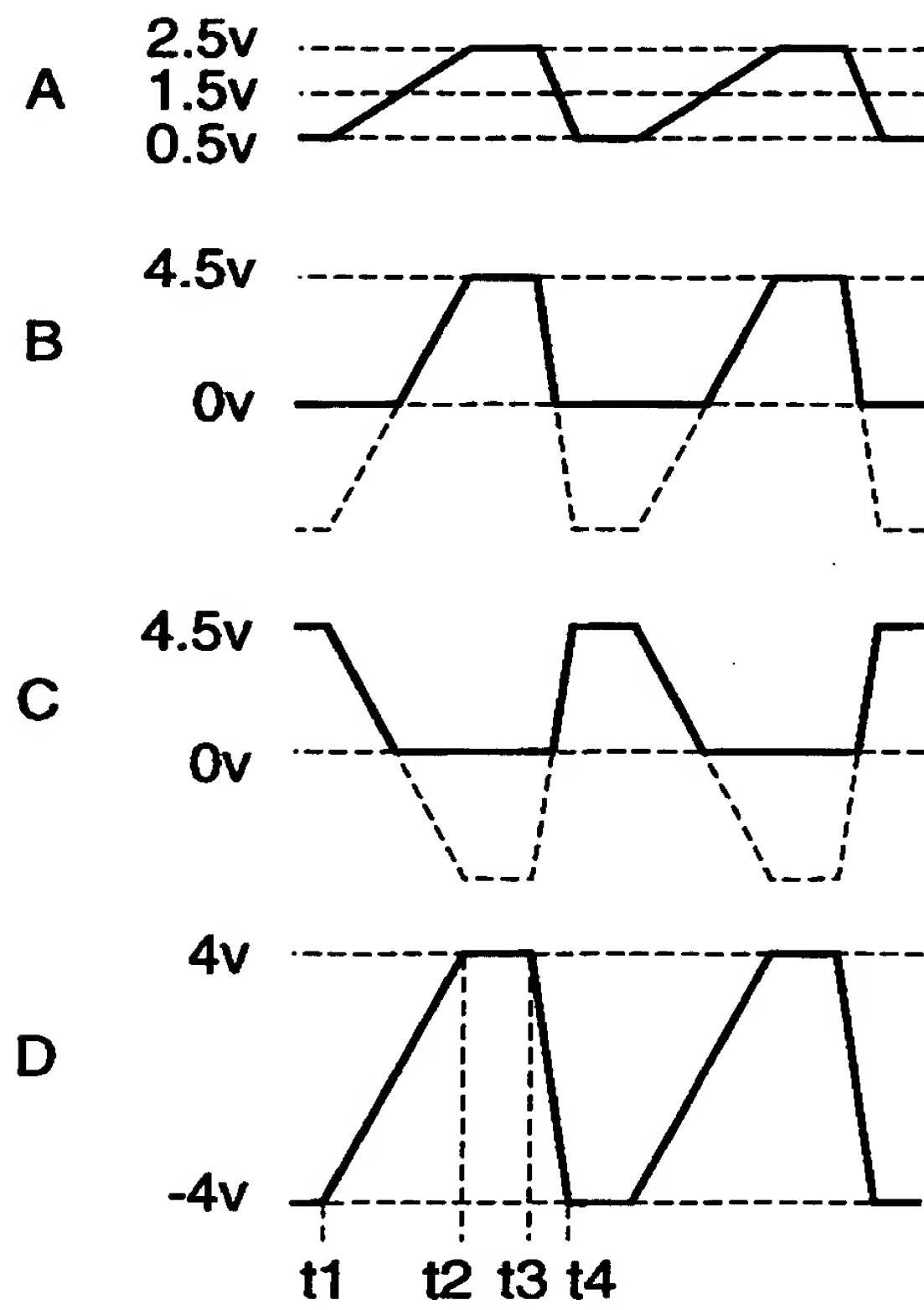
【図 1 4】



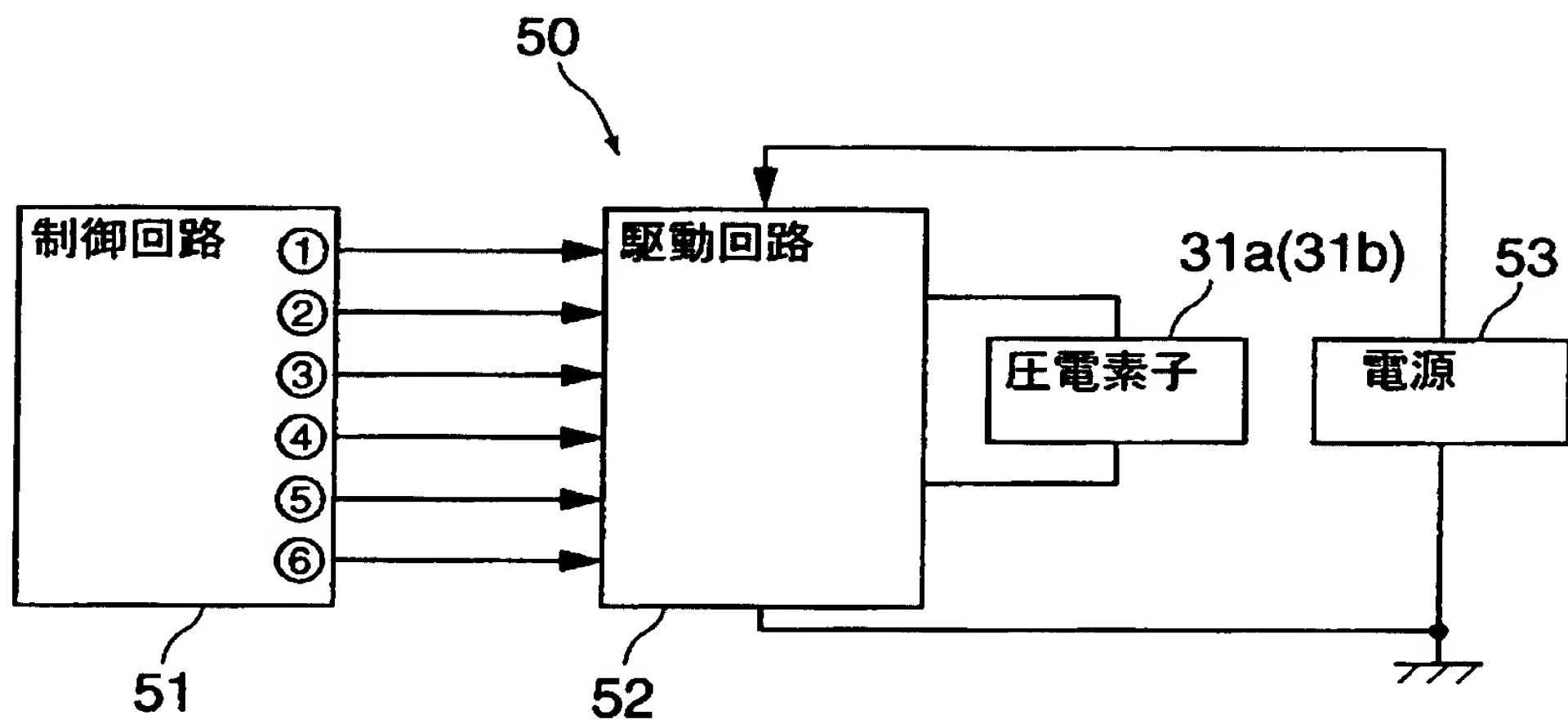
【図 1 5】



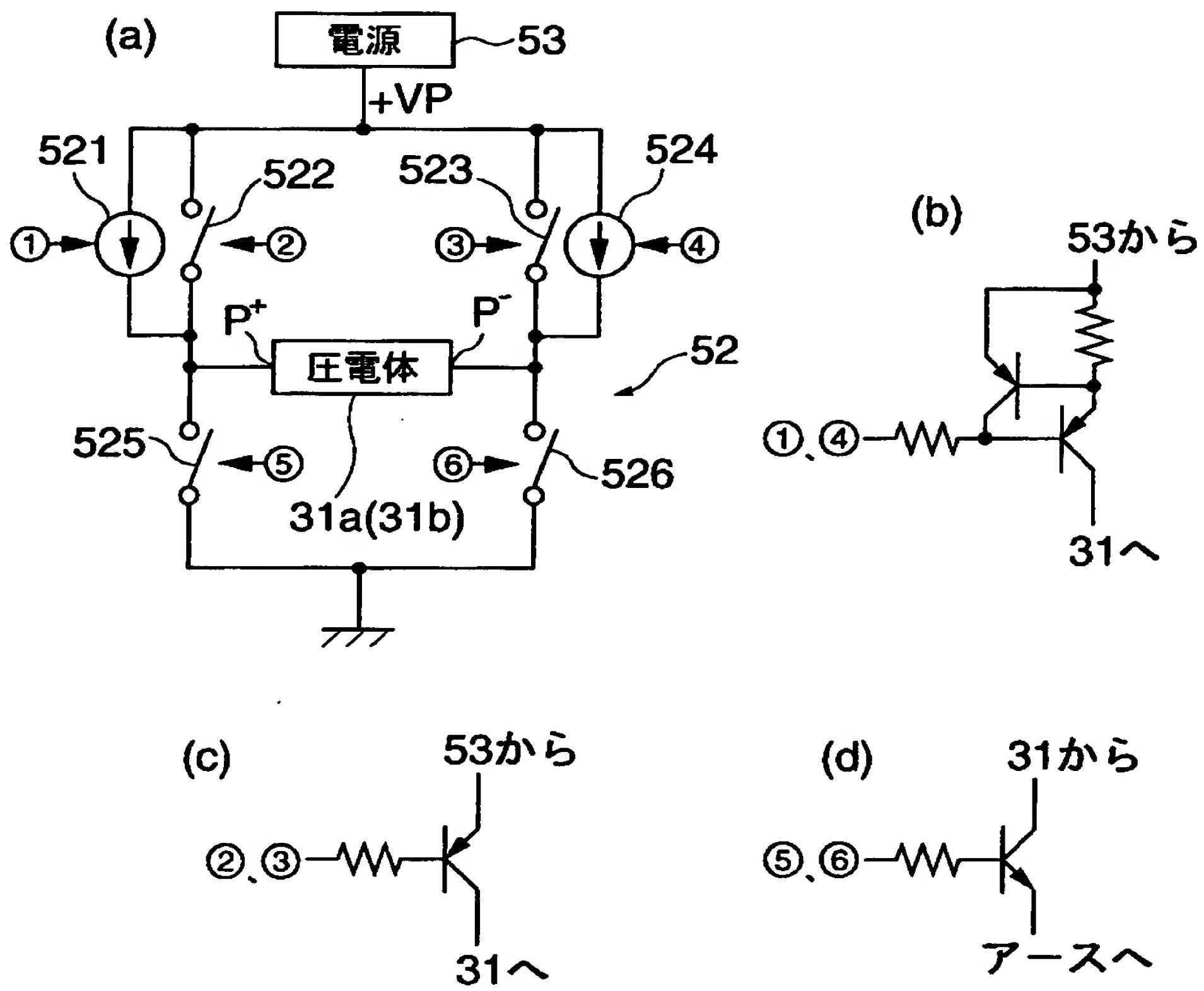
【図 1 6】



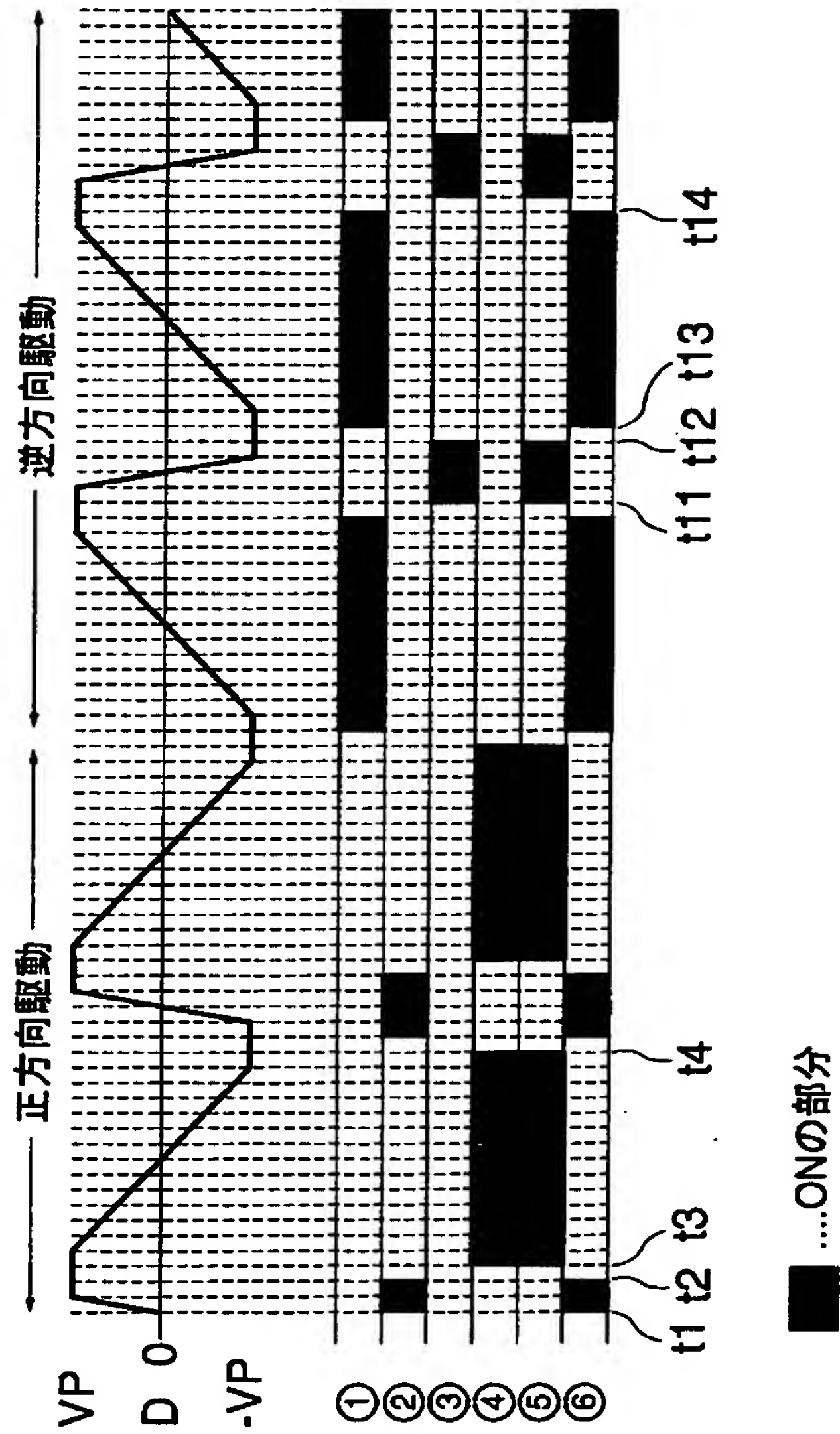
【図 1 7】



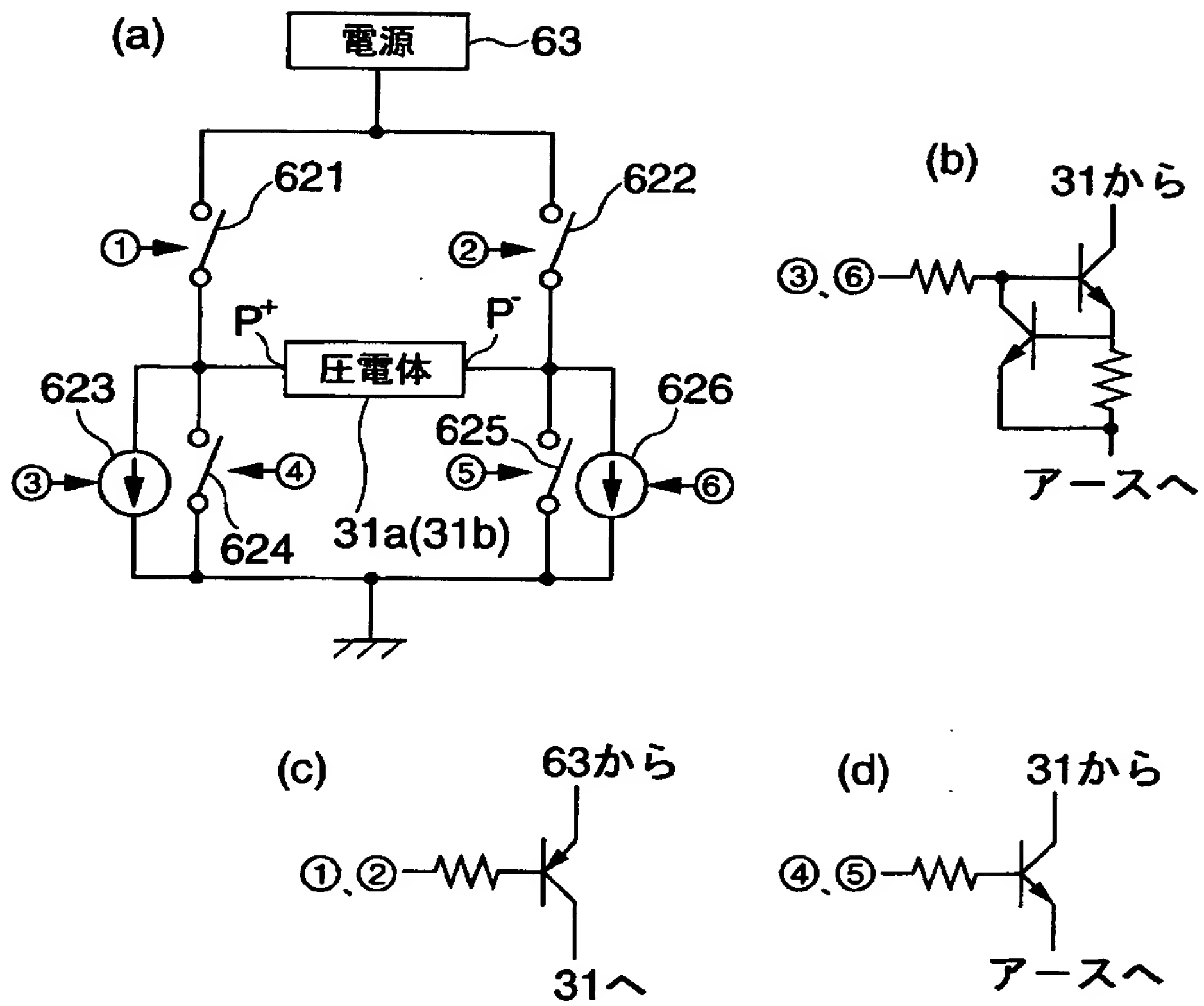
【図 18】



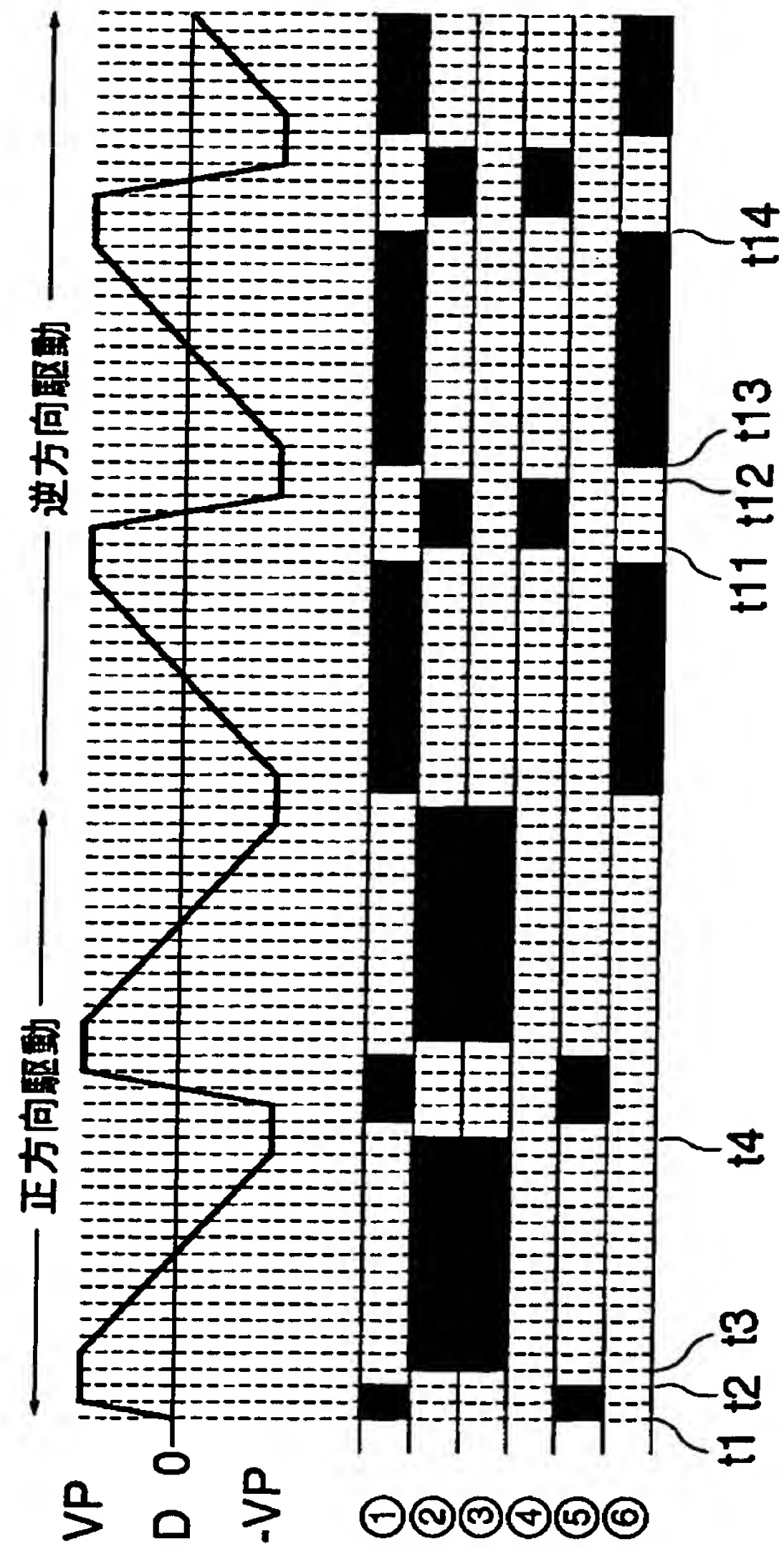
【図 1 9】



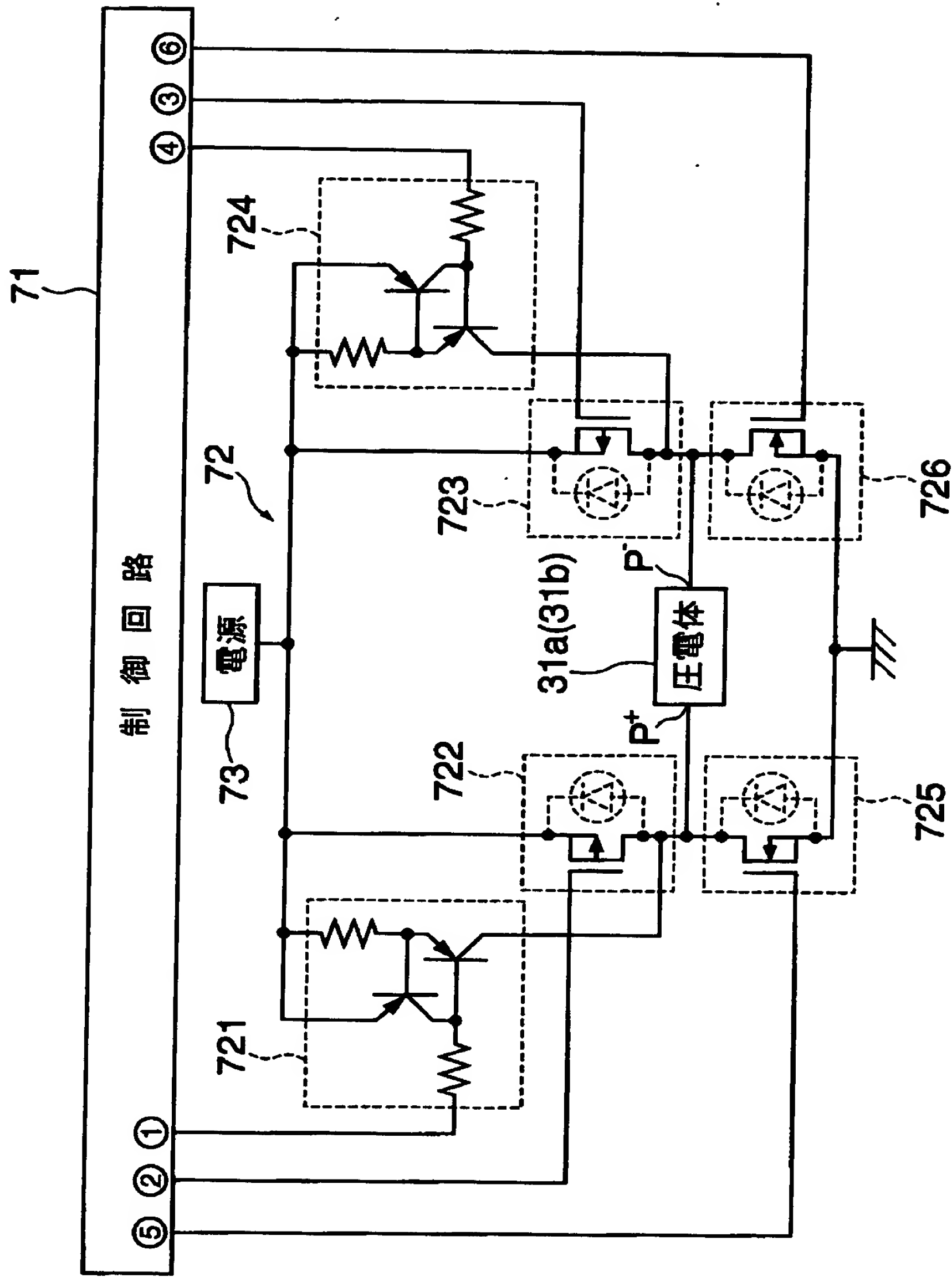
【図 2 0】



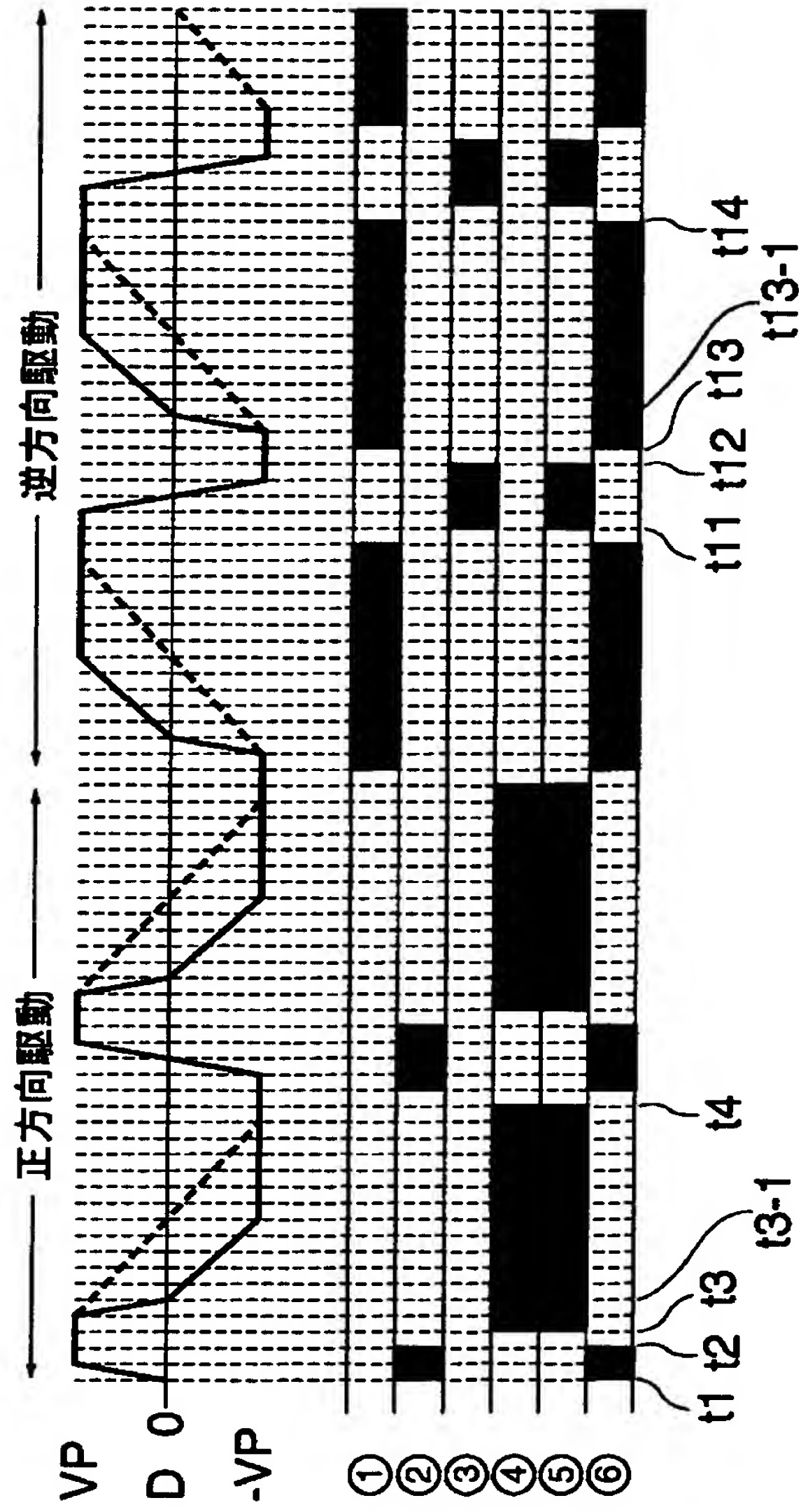
【図 2 1】



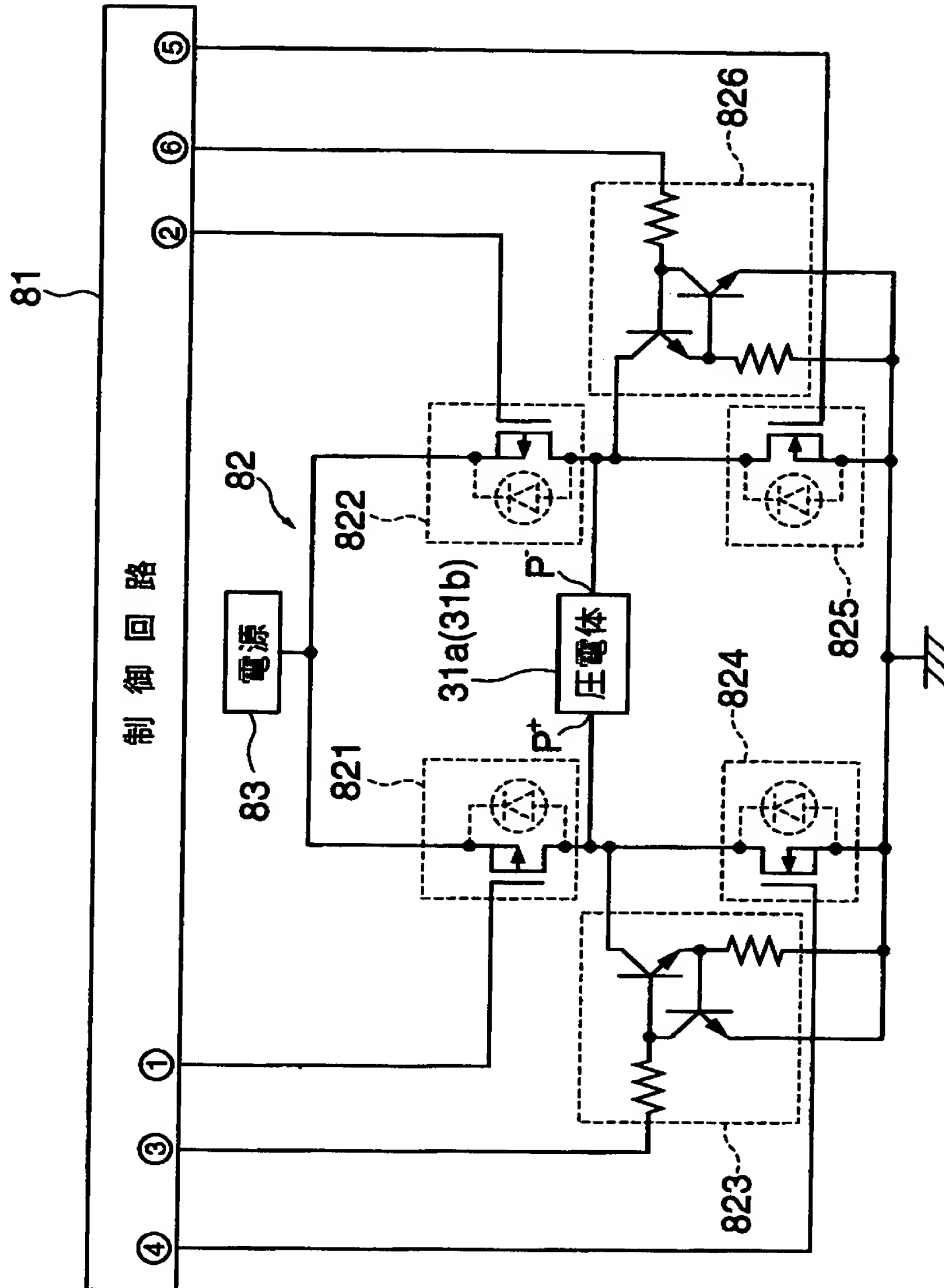
【図 22】



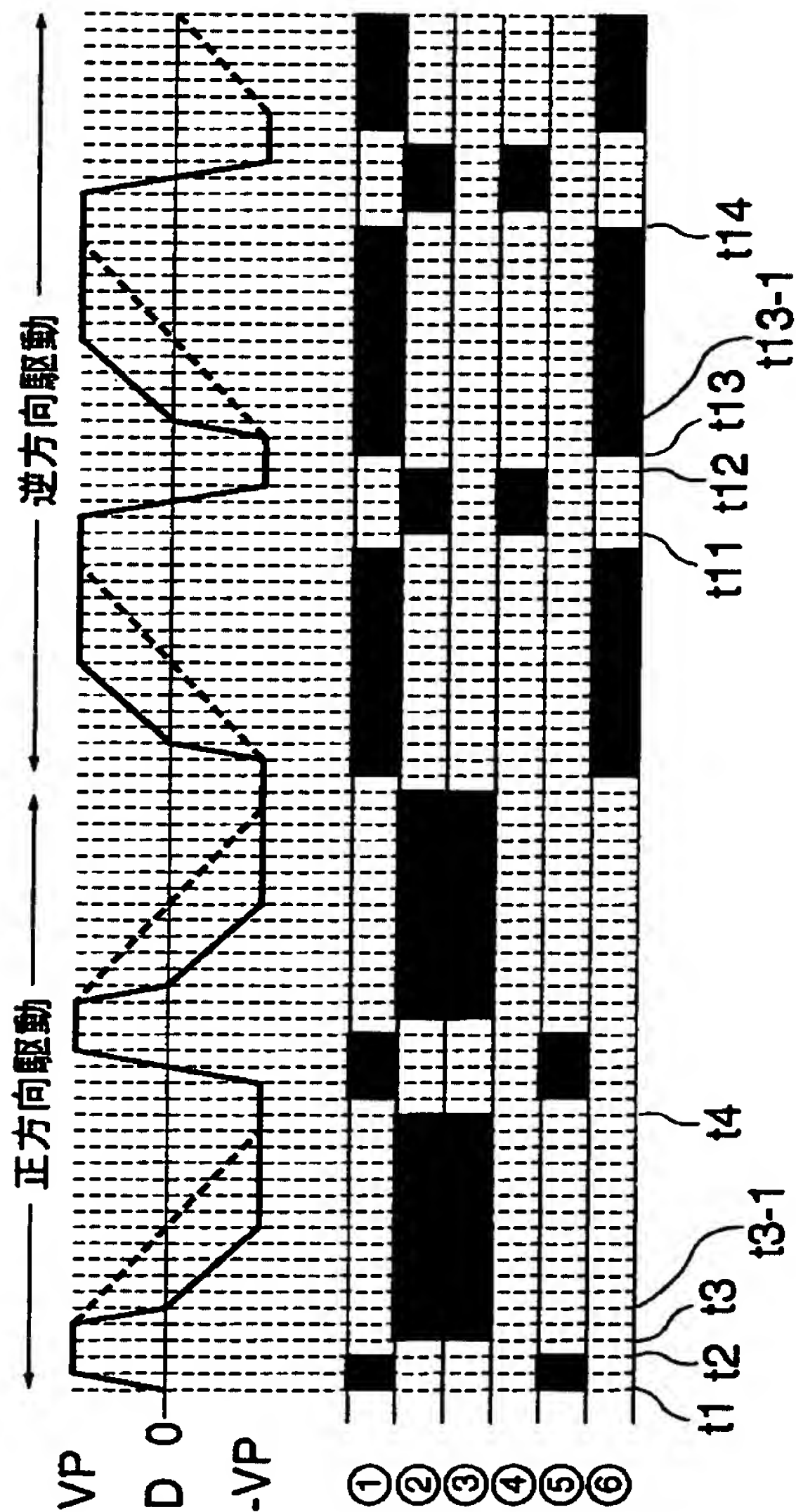
【図 2 3】



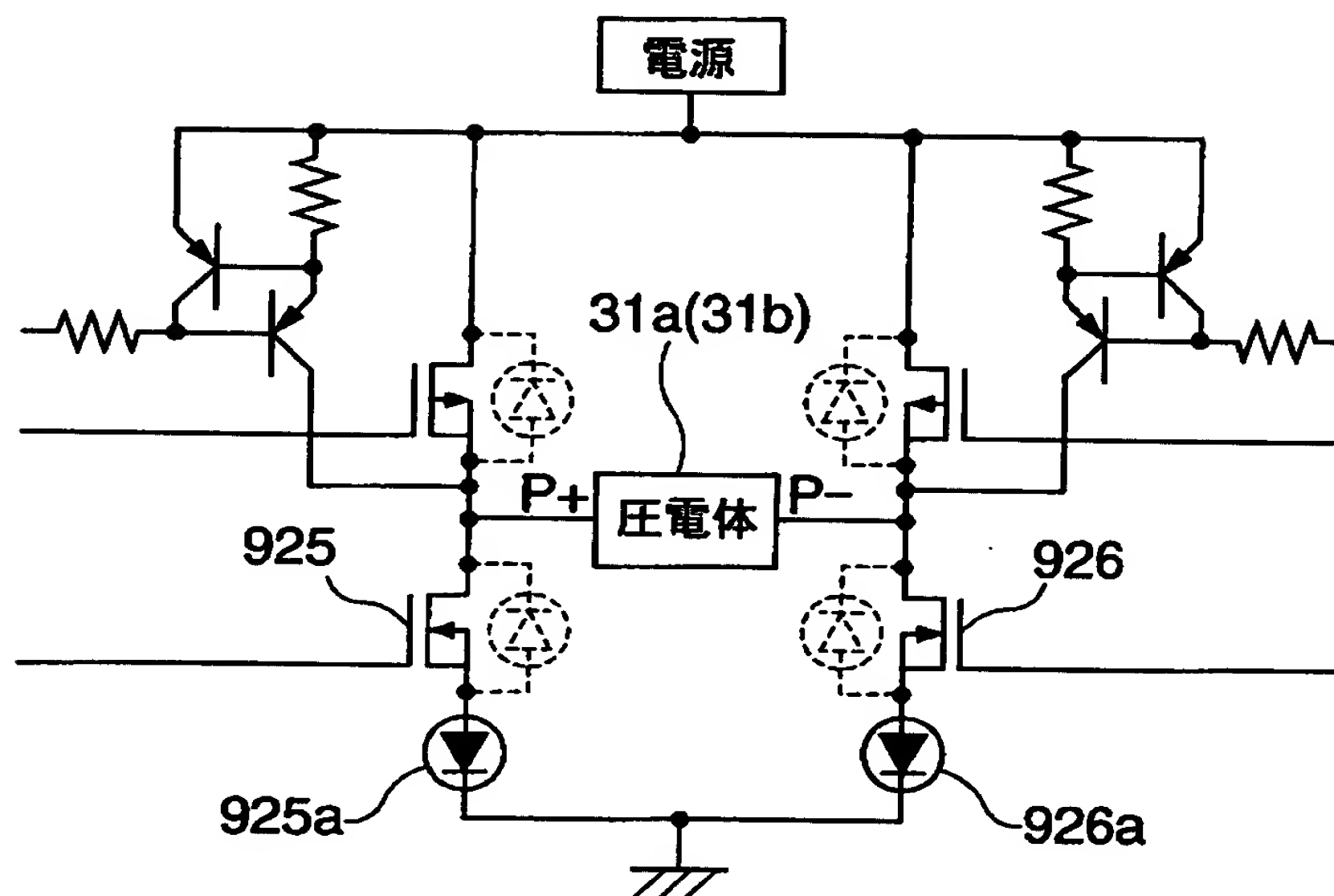
【図 2 4】



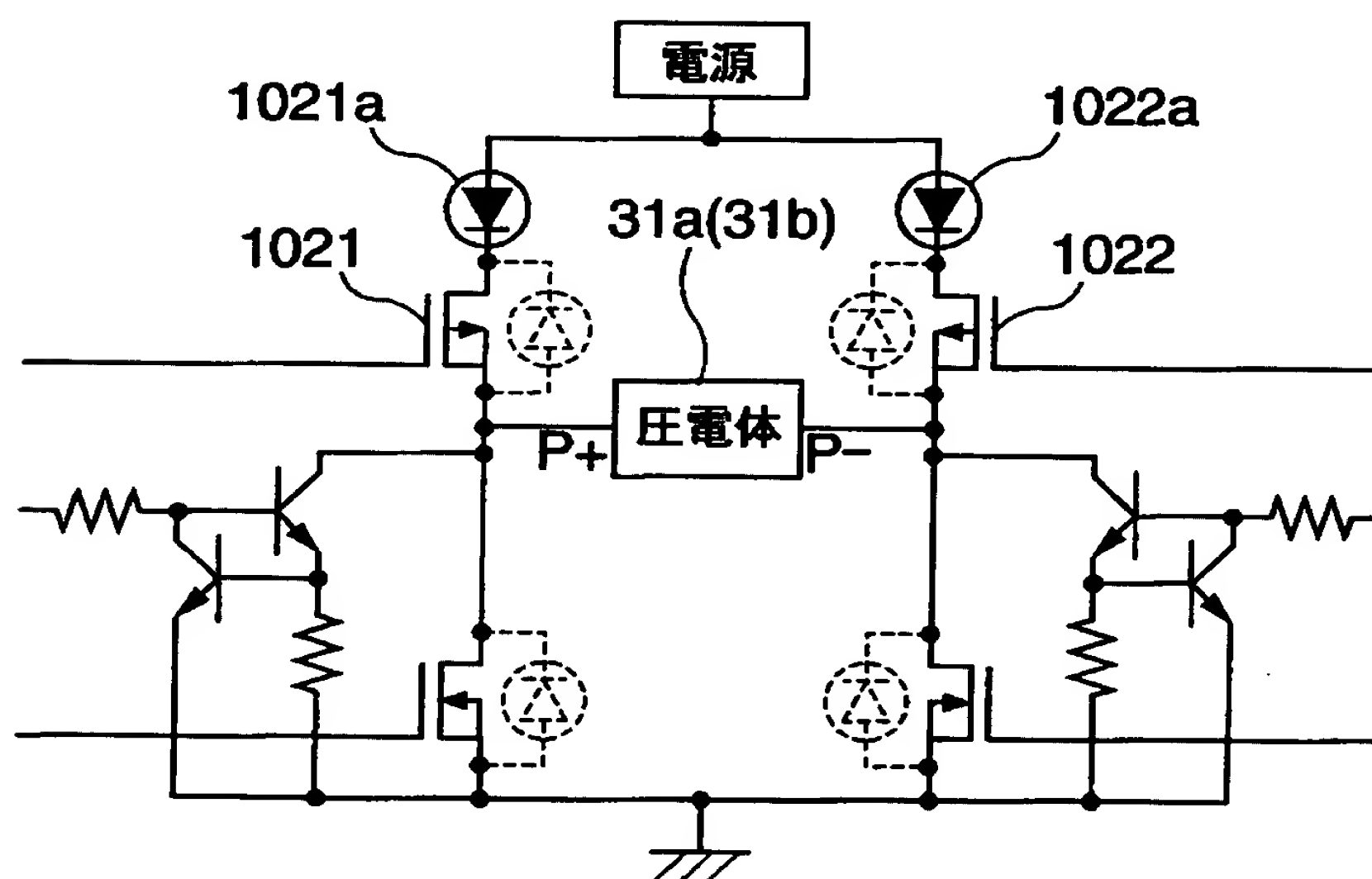
【図 2 5】



【図 2 6】



【図 2 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 分極反転を考慮して低電圧化を維持しながらも圧電素子の伸縮（歪み）量を倍増させる。

【解決手段】 波形発生回路 1 6 1 から出力された時間的に変化する正弦波信号は、駆動回路 1 6 2，反転回路 1 6 3 に入力される。駆動回路 1 6 2 は分極反転を起こすレベル以下の電圧信号を生成して圧電体 1 1 の分極方向に印加する。反転回路 1 6 3 は正弦波信号を反転（この場合、1 8 0 度移相）して、分極反転を起こすレベル以下の電圧であって駆動回路 1 6 2 と同極の電圧信号を生成し、圧電体 1 1 の分極方向とは逆向きに印加する。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006079]

1. 変更年月日 1994年 7月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル

氏 名 ミノルタ株式会社